Pêches et Océans
Fisheries and Oceans

RAPPORT DE PROJET

Direction des services économiques et de développement
Région du Québec

Canada

MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS
Région du Québec
Division du développement technologique,
industriel et des infrastructures

RAPPORT 16

UNIFORMISATION DU PROCÉDÉ DE FABRICATION DU "GASPE CURED"

Ce rapport a été produit par une firme de consultants et financé en tout ou en partie par la Direction des services économiques et du développement, région du Québec. Les vues et conclusions exprimées dans ce document sont celles du contractant et ne représentent pas nécessairement celles du Ministère.

RESPONSABLE DU PROJET: Clément Villeneuve TÉL.: (418) 648-4527

CONTRACTANT (adresse): C.R.E.N. et A.D.S. (Pomerleau et Picard)
Cité universitaire
Ste-Foy (Québec)
G1K 7P4

Ce rapport ne peut être cité sans l'approbation du directeur de la Direction.

1 9 8 5

(c) Ministre des Approvisionnements et Services Canada - 1986
Numéro de catalogue FS 67-2/1-16 F
ISBN 0-662-93969-7

Publié par:

Ministère des Pêches et des Océans
Division du développement technologique,
industriel et des infrastructures
Gare maritime Champlain
901, Cap-Diamant
C.P. 15500
Québec (Québec)
G1K 7Y7

TABLE DES MATIERES

	Page
LISTE DES TABLEAUX	v
LISTE DES FIGURES	vii
ÉVALUATION DES CARACTÉRISTIQUES BIOCHIMIQUES DE LA MORUE SALÉE-SÉCHÉE DE TYPE GASPÉ CURED	
1. Introduction	1
2. Objectifs	22
3. Matériel et méthodes	23
4. Résultats et discussion	31
5. Production d'été	35
5.1 Procédé traditionnel	35
5.1.1 Eau	35
5.1.2 Sel	43
5.1.3 Texture	44
5.1.4 Aw	53
5.1.5 Couleur	56
5.1.6 Microbiologie	56
5.2 Séchage mécanique	65
5.2.1 Eau	65
5.2.2 Sel	72
5.2.3 Texture	72
5.2.4 Aw	81
5.2.5 Microbiologie	81
5.3 Séchage combiné	84
5.3.1 Eau	84
5.3.2 Sel	91
5.3.3 Texture	91
5.3.4 Aw	101
5.3.5 Microbiologie	101
6. Production d'automne	105
6.1 Procédé traditionnel	105
6.1.1 Eau	105
6.1.2 Sel	119
6.1.3 Texture	119

TABLE DES MATIERES (suite)

	Page
6.1.4 Aw	123
6.1.5 Microbiologie	123
6.2 Séchage mécanique	126
6.2.1 Eau	126
6.2.2 Sel	133
6.2.3 Texture	133
6.2.4 Aw	133
6.2.5 Microbiologie	142
6.3 Séchage combiné	142
6.3.1 Eau	142
6.3.2 Sel	143
6.3.3 Texture	158
6.3.4 Aw	158
6.3.5 Couleur	161
6.3.6 Microbiologie	161
7. Microscopie	171
8. Conclusion et recommandations	205
ÉVALUATION DES PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES DU SÉCHOIR OPÉRANT SUR LE PRINCIPE DE LA THERMO POMPE	208
1. Caractéristiques et opérations actuelles du système	211
1.1 Description générale du système	212
1.2 Relevés des équipements	215
1.2.1 Relevés de la ventilation	216
1.2.2 Relevés du chauffage	220
1.2.3 Relevés de la réfrigération	220
1.2.4 Enveloppe du bâtiment	223
1.3 Comportement du système en opération	224
1.3.1 Relevés de la consommation électrique	224
1.3.2 Relevés de température et d'humidité	228
1.3.3 Quantité d'eau condensée	240
1.3.4 Distribution d'air	247

TABLE DES MATIERES (suite)

	Page
1.4 Analyse des données recueillies	253
1.4.1 Bilan thermique	253
1.4.2 Analyse des performances du système	256
1.4.3 Coûts d'exploitation	260
2. Propositions et recommandations pour une utilisation plus rationnelle de l'énergie	261
2.1 Propositions et recommandations	261
2.2 Propositions non retenues	267
2.3 Recommandations générales	272
2.4 Recommandations spécifiques	274
2.5 Annexes	276
3. Conclusion	291
CONCLUSION GÉNÉRALE	293
BIBLIOGRAPHIE	294

LISTE DES TABLEAUX

		Page
Tableau 1:	Composition chimique du sel no 8	12
Tableau 2:	Mesure de l'aw lors de la fabrication du Gaspé Cured pour la production d'été selon le procédé traditionnel	54
Tableau 3:	Variation de la luminance lors de la fabrication selon le procédé traditionnel pour la saison d'été	63
Tableau 4:	Evolution des comptes microbiologiques lors de la fabrication selon le procédé traditionnel pour la saison d'été ...	64
Tableau 5:	Mesure de l'aw lors de la fabrication du Gaspé Cured pour la production d'été selon le procédé incluant un séchage mécanique	82
Tableau 6:	Évolution des comptes microbiologiques lors de la fabrication du Gaspé Cured pour la production d'été selon le procédé incluant un séchage mécanique	83
Tableau 7:	Mesure de l'aw lors de la fabrication du Gaspé Cured pour la production d'été selon le procédé incluant un séchage combiné	103
Tableau 8:	Évolution des comptes microbiologiques lors de la fabrication du Gaspé Cured selon le procédé incluant un séchage combiné pour la saison d'été	104
Tableau 9:	Mesure de l'aw lors de la fabrication du Gaspé Cured pour la production d'automne selon le procédé traditionnel	124
Tableau 10:	Évolution des comptes microbiologiques lors de la fabrication du Gaspé Cured selon le procédé traditionnel pour la saison d'automne	125

LISTE DES TABLEAUX (suite)

Page

Tableau 11: Mesure de l'aw lors de la fabrication du Gaspé Cured pour la production d'été selon le procédé incluant un séchage mécanique 144

Tableau 12: Évolution des comptes microbiologiques lors de la fabrication du Gaspé Cured selon le procédé incluant un séchage mécanique pour la saison d'automne 145

Tableau 13: Mesure de l'aw lors de la fabrication du Gaspé Cured pour la production d'automne selon le procédé incluant un séchage combiné 162

Tableau 14: Variation de la luminance lors de la fabrication du Gaspé Cured lors du séchage mécanique après séchage partiel à l'extérieur lors de la saison d'automne 169

Tableau 15: Évolution des comptes microbiologiques lors de la fabrication du Gaspé Cured selon le procédé incluant un séchage combiné pour la saison d'automne 170

LISTE DES FIGURES

		Page
Figure 1:	Points de prélèvements des échantillons	29
Figure 2a:	Analyses et prélèvements des échantillons effectués sur les productions extérieures	32
Figure 2b:	Analyses et prélèvements des échantillons effectués sur les productions intérieures	33
Figure 2c:	Analyses et prélèvements des échantillons effectués sur les productions combinées	34
Figure 3:	Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, catégorie petite, au cours de la transformation en été selon le procédé traditionnel	36
Figure 4:	Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, catégorie moyenne, au cours de la transformation en été selon le procédé traditionnel	38
Figure 5:	Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, catégorie grosse, au cours de la transformation en été selon le procédé traditionnel	40
Figure 6:	Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie petite, au cours de la transformation en été selon le procédé traditionnel	45
Figure 7:	Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie moyenne, au cours de la transformation en été selon le procédé traditionnel	47
Figure 8:	Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie grosse, au cours de la transformation en été selon le procédé traditionnel	49

LISTE DES FIGURES (suite)

		Page
Figure 9:	Mesure de la texture de la chair de morue en fonction du temps lors de la transformation en été selon le procédé traditionnel	51
Figure 10:	Mesure de la chromaticité de la chair de morue, catégorie petite, lors de la transformation en été selon le procédé traditionnel	57
Figure 11:	Mesure de la chromaticité de la chair de morue, catégorie moyenne, lors de la transformation en été selon le procédé traditionnel	59
Figure 12:	Mesure de la chromaticité de la chair de morue, catégorie grosse, lors de la transformation en été selon le procédé traditionnel	61
Figure 13:	Évolution de la teneur en eau dans la chair de morue, catégorie petite, lors du séchage au séchoir mécanique durant la saison d'été	66
Figure 14:	Évolution de la teneur en eau dans la chair de morue, catégorie moyenne, lors du séchage au séchoir mécanique durant la saison d'été	68
Figure 15:	Évolution de la teneur en eau dans la chair de morue, catégorie grosse, lors du séchage au séchoir mécanique durant la saison d'été	70
Figure 16:	Évolution de la teneur en sel dans la chair de morue, catégorie petite, lors du séchage au séchoir mécanique durant la saison d'été	73

LISTE DES FIGURES (suite)

		Page
Figure 17:	Évolution de la teneur en sel dans la chair de morue, catégorie moyenne, lors du séchage au séchoir mécanique durant la saison d'été	75
Figure 18:	Évolution de la teneur en sel dans la chair de morue, catégorie grosse, lors du séchage au séchoir mécanique durant la saison d'été	77
Figure 19:	Mesure de la texture de la chair, lors du séchage au séchoir mécanique, durant la saison d'été	79
Figure 20:	Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, catégorie petite, lors du séchage au séchoir mécanique après séchage partiel à l'extérieur durant la saison d'été	85
Figure 21:	Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, catégorie moyenne, lors du séchage au séchoir mécanique après séchage partiel à l'extérieur durant la saison d'été	87
Figure 22:	Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, catégorie grosse, lors du séchage au séchoir mécanique après séchage partiel à l'extérieur durant la saison d'été	89
Figure 23:	Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie petite, lors du séchage au séchoir mécanique après séchage partiel à l'extérieur durant la saison d'été	92
Figure 24:	Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie moyenne, lors du séchage au séchoir mécanique après séchage partiel à l'extérieur durant la saison d'été	94
Figure 25:	Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie grosse, lors du séchage au séchoir mécanique après séchage partiel à l'extérieur durant la saison d'été	96

LISTE DES FIGURES (suite)

		Page
Figure 26:	Mesure de la texture de la chair de morue au cours de la transformation selon le séchage combiné durant la saison d'été	98
Figure 27:	Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, catégorie petite, au cours de la transformation en automne selon le procédé traditionnel	106
Figure 28:	Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, catégorie moyenne, au cours de la transformation en automne selon le procédé traditionnel	108
Figure 29:	Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, catégorie grosse, au cours de la transformation en automne selon le procédé traditionnel	110
Figure 30:	Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie petite, au cours de la transformation en automne selon le procédé traditionnel	113
Figure 31:	Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie moyenne, au cours de la transformation en automne selon le procédé traditionnel	115
Figure 32:	Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie grosse, au cours de la transformation en automne selon le procédé traditionnel	117
Figure 33:	Mesure de la texture de la chair de morue au cours de la transformation en automne selon le procédé traditionnel ...	121
Figure 34:	Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, caté gorie petite, lors du séchage au séchoir mécanique, durant la saison d'automne	127

LISTE DES FIGURES (suite)

		Page
Figure 35:	Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, catégorie moyenne, lors du séchage au séchoir mécanique, durant la saison d'automne	129
Figure 36:	Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, catégorie grosse, lors du séchage au séchoir mécanique, durant la saison d'automne	131
Figure 37:	Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie petite, lors du séchage au séchoir mécanique, durant la saison d'automne	134
Figure 38:	Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie moyenne, lors du séchage au séchoir mécanique, durant la saison d'automne	136
Figure 39:	Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie grosse, lors du séchage au séchoir mécanique, durant la saison d'automne	138
Figure 40:	Mesure de la texture de la chair de morue lors du séchage au séchoir mécanique, durant la saison d'automne ..	140
Figure 41:	Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, catégorie petite, lors de la transformation incluant un séchage combiné durant la saison d'automne	146
Figure 42:	Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, catégorie moyenne, lors de la transformation incluant un séchage combiné durant la saison d'automne	148
Figure 43:	Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, catégorie grosse, lors de la transformation incluant un séchage combiné durant la saison d'automne	150

LISTE DES FIGURES (suite)

		Page
Figure 44:	Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie petite, lors de la transformation incluant un séchage combiné durant la saison d'automne	152
Figure 45:	Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie moyenne, lors de la transformation incluant un séchage combiné durant la saison d'automne	154
Figure 46:	Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie grosse, lors de la transformation incluant un séchage combiné durant la saison d'automne	156
Figure 47:	Mesure de la texture de la chair de morue lors du séchage au séchoir mécanique, après séchage partiel à l'extérieur durant la saison d'automne	159
Figure 48:	Mesure de la chromaticité de la chair de morue, catégorie petite, lors du séchage au séchoir mécanique, après séchage partiel à l'extérieur durant la saison d'automne ..	163
Figure 49:	Mesure de la chromaticité de la chair de morue, catégorie moyenne, lors du séchage au séchoir mécanique, après séchage partiel à l'extérieur durant la saison d'automne ..	165
Figure 50:	Mesure de la chromaticité de la chair de morue, catégorie grosse, lors du séchage au séchoir mécanique,après séchage partiel à l'extérieur durant la saison d'automne ..	167
Figure 51:	Apparence du tissu de morue après tranchage	173
Figure 52:	Apparence du tissu de morue salée après l'étape de saumurage	176

LISTE DES FIGURES (suite)

		Page
Figure 53:	Apparence du tissus de morue salée après pilage	179
Figure 54:	Apparence du tissu de morue salée après transpilage	182
Figure 55:	Apparence du tissu de morue salée-séchée après séchage selon le procédé traditionnel	185
Figure 56:	Apparence de la chair de la morue salée-séchée après 6 heures de séchage au séchoir mécanique effectué après transpilage	188
Figure 57:	Apparence du tissu de morue salée-séchée après 15 heures de séchage au séchoir mécanique	191
Figure 58:	Apparence du phénomène de graissage à la surface d'une morue salée-séchée	194
Figure 59:	Apparence du tissu de morue salée-séchée, préalablement séchée au séchoir mécanique, puis séchée à l'extérieur	196
Figure 60:	Apparence du tissu de morue salée-séchée après séchage durant 7 jours à l'extérieur et 10 heures au séchoir mécanique	199
Figure 61:	Apparence du produit fini après transformation incluant le séchage combiné	202

ÉVALUATION DES CARACTÉRISTIQUES BIOCHIMIQUES DE LA MORUE SALÉE-SÉCHÉE DE TYPE GASPÉ CURED

1. Introduction

La morue légèrement salée de type Gaspé Cured est principalement caractérisée par sa couleur marbrée et sa chair translucide. Beatty et Fougère (1958) rapportent que ce produit, à l'état fini, possède des teneurs respectives en eau et en sel de l'ordre de 35 et 18 % (base sèche). Aujourd'hui, la préparation est toutefois différente et des études effectuées récemment par Bérubé et Bordeleau (1981) ont révélé que les teneurs en sel étaient plus élevées; elles variaient de 26 à 32 % selon les usines visitées. Quant à la teneur en eau, elle peut fluctuer mais le produit est commercialisé selon deux teneurs maximales en humidité soit 42 ou 48 %.

Le procédé de fabrication de la morue légèrement salée tel que décrit par Beatty et Fougère (1958) comporte quatre principales étapes: le tranchage, le salage, l'égouttement et le séchage. Ces étapes, bien qu'elles soient effectuées, ne sont absolument pas mécanisées et deviennent en conséquence redevables de l'art du fabricant. En effet, celui-ci doit constamment composer avec les difficultés reliées aux conditions climatiques prévalant dans son milieu.

Tranchage

La qualité du produit fini est, comme dans tout autre secteur alimentaire, subordonnée, en premier lieu, à la qualité de la matière première. Il est donc nécessaire d'utiliser le poisson le plus frais possible. Un tranchage de mauvaise qualité influence directement le classement du produit.

De plus, un poisson ramolli absorbe plus de sel au salage et montre plus de sel en surface lors du séchage; souvent, il acquiert une apparence craquelée.

Une fois étêté, le poisson est tranché selon la méthode décrite par Beatty et Fougère (1958), brossé et lavé à l'eau froide afin de lui enlever le limon et/ou le sang résiduel. Le poisson est ensuite classé selon sa taille, petite (15 à 25 po; 38 à 61 cm), moyenne (24 à 30 po; 61 à 76 cm) ou grosse (30 pouces et plus; 76 cm et plus) puis salé sans délai, car un retard peut causer ultérieurement une altération particulière d'origine bactérienne communément identifiée comme le graissage (Beatty, 1942; Dussault, 1953).

Salage

Le poisson tranché est déposé, peau en dessous, dans des réservoirs dont les dimensions approximatives sont: largeur 1,5 m; longueur 3 m; profondeur 1,5 m. Sur chaque poisson est déposé, manuellement, le long de la colonne vertébrale, une certaine quantité de sel. Beatty et Fougère (1958) recommande des proportions de 8 à 10 livres de sel par 100 livres de poisson tranché. En industrie, considérant la quantité de poisson à saler, on se fie généralement à la dextérité et à l'expérience du saleur. Une fois le réservoir plein, il faut déposer suffisamment de pesées sur le dessus afin que tout le poisson baigne dans la saumure. Le poisson y séjournera pour des périodes de 3,4 ou 5 jours dépendemment de la taille, i.e. petite, moyenne ou grosse. La force de la saumure est habituellement vérifiée la veille de la sortie du poisson, de manière à ce qu'elle puisse être corrigée afin d'obtenir des valeurs d'environ 52, 56 et 60 salimètre respectivement pour les trois catégories énumérées plus haut. Ces corrections peuvent se faire par addition de sel si la saumure est trop faible ou par addition d'eau si celle-ci est trop forte. Toutefois, cette

dernière solution est peu utilisée. On préfère y remédier par un empilage plus long pour que la morue perde plus d'eau, ce qui entraîne ainsi une plus grande quantité de sel.

Legendre (1960) a expérimenté une méthode de salage en saumure. Lorsque celle-ci était trop concentrée, le salage se révélait rapide, mais non uniforme de telle sorte que les parties minces du poisson contenaient trop de sel. Par contre, lorsque la saumure était trop faible, la durée de l'opération augmentait considérablement et il y avait un danger de contamination au début du séchage. Bérubé et Bordeleau (1981) indiquent que la teneur en sel du poisson durant le saumurage varie selon la concentration de la saumure et/ou le temps de saumurage. La température n'a aucun effet sur la teneur en sel. Toutefois, les auteurs rapportent que la morue perd davantage d'eau à 21°C., phénomène attribuable au ramollissement de la chair.

Mendelsohn (1974) brosse un tableau rapide des différentes techniques de salaison. Il y décrit notamment des méthodes rapides impliquant la propulsion de sel sur le tissu ou l'injection de sel jumelé à une déshydratation par congélation. Mendelsohn développe également un procédé comportant le broyage du poisson dans une solution saturée de sel. Le produit obtenu est plus stable à la température de la pièce.

Jarvis (1950) décrit le sel comme n'étant pas un antiseptique dans le vrai sens du mot, mais plutôt un agent favorable à la conservation; le sel préserve par extraction d'eau. L'eau est une composante de premier ordre dans tout matériel biologique et est généralement impliquée dans n'importe quel processus de transport. Il sert également de solvant pour les substances présentes naturellement ou pour toute autre substance ajoutée (Kupprianoff, 1958).

Plusieurs travaux concernant l'effet du sel sur la conservation de la morue ont été publiés (Bilinski et Fougère, 1959, Bilinski, 1960). Les auteurs soulignent que l'action préservatrice du sel doit être, en premier lieu, associée avec l'effet que celui-ci exerce sur le développement des bactéries. Gibbons (1957) indique que l'effet du sel sur la morphologie et les réactions biochimiques de certaines bactéries halophiles est important. La protéolyse, la production d'indole et de SH2 des bactéries rouges halophiles sont modifiées par la teneur en sel du milieu. Le sel préserve donc le poisson en empêchant très fortement la formation de certains produits indésirables et en protégeant d'une façon assez prononcée contre la décomposition les protéines, principal constituant de la chair du poisson (excepté l'eau). Cardin et al., (1961) donnent les caractéristiques chimiques de la morue salée et l'influence du degré de saturation en sel sur la formation de ces produits de décomposition caractéristiques au Gaspé Cured.

Au cours de la préparation du poisson légèrement salé du type Gaspé Cured, la flore bactérienne naturelle du poisson frais est modifiée par la présence du sel d'une manière quantitative aussi bien que qualitative. Le genre Micrococcus devient alors le groupe le plus important de bactéries. Dans de basses concentrations, de 0 à 5 % de sel, la croissance et la production de triméthylamine restent normales, mais l'hydrolyse de la protéine est stimulée. A mesure que la concentration en sel augmente, ces activités ralentissent graduellement jusqu'à un arrêt total à la concentration de 12 % de sel. Ces limites sont semblables à celles que l'on rencontre durant la préparation du Gaspé Cured, ce qui porte à croire que le genre Micrococcus joue un rôle dans la production des caractéristiques de ce genre particulier du poisson salé (Dussault, 1957).

Le nombre et les espèces de bactéries contaminant les saumures de poisson relèvent de son histoire. Les conditions d'entreposage et les manipulations sont probablement les plus importantes à ce sujet. Le poisson éviscéré, conservé dans la glace peut apporter entre 1 000 et 100 millions de bactéries/cm^2 de peau; l'importance dépend de la durée du stockage. La flore du poisson frais est représentée presqu'entièrement par des bacilles gram négatif. Cependant, les germes de la glace, des récipients, etc. ont amené au cours de l'éviscération et du découpage une modification de cette flore au point que, lors du saumurage, elle est surtout constituée par des bactéries gram positif. Le saumurage entraîne une élévation de la quantité de gram positif. Les halophiles sont rares sur le poisson frais ou avarié. Cependant ce dernier amène un nombre plus considérable de ces espèces en raison de leur pollution à ce moment.

Dussault (1953) note que le nombre total de bactéries augmente graduellement durant 2 à 3 jours de salage, puis diminue de façon considérable durant le séchage.

Shewan (1951), de son côté, donne une description plus élaborée de la flore bactérienne du poisson salé et du sel. Ses résultats révèlent que la contamination varie beaucoup d'un sel à l'autre quantitativement et qualitativement. Dans le sel de mine, elle est faible et plutôt causée par les moisissures; dans le sel marin, elle est forte surtout quand il vient d'être récolté et plutôt attribuable aux bactéries. La numération est incertaine en raison des exigences différentes des espèces en présence, de sorte que de nouvelles colonies apparaissent encore plusieurs mois après ensemencement.

Dans le poisson salé, le nombre de bactéries tombe presque à rien en 2 à 3 semaines, puis il augmente très lentement. Les nombres cités varient de 0 à 10^6 par g de poisson et 10^9 par mL de saumure.

La morue à l'état frais possède une teneur en eau d'environ 81 % (Love, 1960). Jusqu'à récemment, les techniques de préservation de celle-ci impliquaient surtout l'addition de substances telles que le sel ou la fumée. Ceux-ci retardaient les détériorations et provoquaient simultanément ou subséquemment des pertes d'eau par le muscle.

Le sel, lorsqu'il pénètre dans le tissu, se dissout dans l'eau associée aux protéines. Cette eau reste fortement liée jusqu'à des concentrations en NaCl voisines de 2 à 5 %; on assiste alors au gonflement des constituants protéiques (Duerr and Dyer, 1952). Ce gonflement fait suite à l'augmentation du pouvoir de rétention d'eau (Water holding capacity; WHC) qui est influencé par la présence de sel (Tarr, 1942).

Fougère (1952), suite à son étude sur l'échange d'eau entre le muscle de la morue et la saumure, a conclu que lorsque la phase aqueuse dans le muscle possède une concentration en chlorure de sodium inférieure à 10 %, il y avait gain d'eau par le muscle. Au-delà de cette concentration, il y a une dénaturation prononcée des protéines entraînant ainsi des pertes d'eau qui diffusent rapidement à l'extérieur du tissu. Duerr et Dyer (1952) rapportent que l'actomyosine qui compte pour 75 % des protéines totales est la fraction la plus labile à la dénaturation par la température, la concentration en sel ou le pH. Quoique la capacité de rétention d'eau des protéines de poisson peut varier de façon marquée dans des saumures diluées ou pour de faibles concentrations internes de sel, il existe une teneur interne critique peu influencée par la

température. Bérubé et Bordeleau (1981) attribuent l'apparence translucide du Gaspé Cured à la non dénaturation de la protéine. Le contrôle de la concentration en sel est donc très important.

Hamm (1960) expliquait que le phénomène de gonflement du muscle dans une saumure de faible concentration était causé par l'absorption des ions chlorures à la surface des chaînes protéiques provoquant ainsi une augmentation du nombre de charges négatives nettes sur les chaînes. Cette augmentation se traduisait par l'étirement des chaînes protéiques causé par des phénomènes de répulsion inter et intramoléculaires et accroissait l'eau d'hydratation de la protéine, puisque l'eau est requise pour hydrater les nouvelles charges négatives. L'étirement des chaînes et le gain d'eau pour hydrater la protéine causeraient ainsi le gonflement. Samoilow (1957) a discuté également de ce phénomène d'hydratation des ions.

Quant aux pertes d'eau, Hamm les explique par la forte affinité que possèdent les ions sodium et chlorure et les protéines du muscle envers l'eau. A de fortes concentrations de sel, les ions doivent compétitionner avec les molécules protéiques pour s'accaparer de la faible quantité d'eau présente. Toutefois, les ions électrolytes se lient aux molécules d'eau généralement plus fortement que ne le font les molécules protéiques et dérobent de ces dernières de leur eau d'hydratation, d'où l'exsudation d'eau des protéines.

Crean (1961) a d'ailleurs noté une relation linéaire à haut degré de corrélation, existant entre le taux de gain en sel par le muscle et son taux de perte en eau. Ainsi, le simple échange de sel et d'eau se révèle comme étant une source de réactions chimiques dans lesquelles le muscle perd certains de ses constituants ou de ses propriétés et retient d'autre part des éléments

minéraux qui lui sont liés et pas seulement juxtaposés. L'influence de la composition chimique du sel aussi bien au moment du salage que pendant la conservation s'en déduit immédiatement (Soudan, 1955). Toutefois, Sen et Aitken (1965) rapportent que la présence de magnésium n'affecte pas le gain en sel par le tissu.

Del Valle et Nickerson (1967) traitent de l'aspect dynamique du salage du poisson. Ils déclarent que le coefficient de diffusion dans le muscle de l'espadon n'est pas constant, mais qu'il dépend de la concentration en sel dans le muscle et de la température. L'effet de la température avait également été noté par Taylor (1922) et Dyer (1942).

Peters (1971) reconnaît deux composantes au flux de l'eau et ce, en n'importe quel point dans le tissu. La première composante serait celle due au gradient de concentration mis en cause puisque la concentration de l'eau à la surface tend vers un état d'équilibre contrôlé par la concentration extérieure de la saumure. La seconde concernait la pénétration du chlorure de sodium qui provoquerait également un gradient de concentration, mais cette fois, dans la phase aqueuse du muscle entraînant la diffusion de l'eau vers l'extérieur. Peters démontre également que la pénétration du sel suit la loi de Fick. Toutefois, il souligne que le coefficient de diffusion du NaCl est indépendant de sa concentration dans le tissu et non différent de celui du NaCl dans l'eau. Zugarramurdi et Lupin (1980) ont développé un modèle pour prédire le comportement du poisson lors de l'étape de saumurage en fonction de l'équilibre eau/sel ainsi que des cinétiques de pénétration du sel et de sortie d'eau.

Lorsque la morue reçoit du sel chimiquement pur, la concentration en NaCl s'élève presque immédiatement à 15 et 17 % à quelques millimètres de profondeur, mais pour atteindre 10 % au centre des poissons épais de 2,5 à 5 cm, il faut respectivement 1, et 2 à 3 jours (Dyer, 1942). En trois jours, le sel absorbé représente au total 60 à 70 % de ce qu'il sera à la saturation après 4 ou 5 jours (Fougère, 1952). Reay (1936) a effectué des essais de saumurage à 0°C sur des filets de harengs et démontré que les échanges chlorure de sodium-eau dans le muscle dépendaient de la teneur en graisse plus que de l'épaisseur. Jason (1965) a également rapporté l'effet de la teneur en gras sur la diffusion de l'eau. La morue étant un poisson passablement maigre, l'influence lipidique ne se fait pratiquement pas sentir. La teneur en eau dans le tissu est reliée à l'effet de la température, de la concentration en saumure et du temps de saumurage, mais ces trois facteurs sont indépendants entre eux (Bérubé et Bordeleau, 1981).

Le salage de la morue légèrement salée est effectué au moyen d'un sel sec.

Selon Soudan (1955), la composition du sel jouerait un rôle sur l'apparence ultérieure du produit. Les quantités des sels de calcium et de magnésium qu'il contient normalement forment par réaction avec les composés phosphorylés autolysés du muscle, des phosphates qui précipitent en microcristaux de phosphate ammoniaco magnérien, à proximité de la surface qui a reçu le sel. S'ils sont assez abondants, ils constituent une couche protectrice qui gêne la pénétration de la saumure et la morue jaunit moins.

La sulfate de magnésium et la présence de composés insolubles ralentissent la pénétration du sel, l'un en augmentant la viscosité des saumures, l'autre en colmatant la surface du poisson. Ce ralentissement permet d'obtenir une morue relativement blanche. Cependant, le chlorure de magnésium pénètre plus vite que le chlorure de sodium dans le muscle et active le jaunissement. Un excès d'impuretés serait nuisible, en particulier parce qu'il ralentirait le salage au point de permettre l'altération bactérienne. Van Kalveren et Legendre (1965) indiquent que les impuretés présentes dans le sel sont importantes, car elles affectent également la couleur, la texture, le goût et la saveur du produit final.

Beatty et Fougère (1958) signalent que le sel utilisé doit se dissoudre rapidement. Par contre, si le sel est trop fin, il a tendance à croûter par temps humide et il devient plus difficile de saler sans danger de brûlure. Un sel trop gros aurait le désavantage de ne pas se dissoudre assez vite.

Le sel fourni par Sifto et utilisé par les producteurs est un mélange des deux. Sa composition est donnée au Tableau 1.

Legendre (1960) soulève les problèmes rencontrés durant les saisons de pêche lorsque la capture excède la capacité de transformer des usines. Comme la morue légèrement salée est très périssable, il est d'usage d'essayer de sauver la production en utilisant de plus grandes quantités de sel et de recourir à divers procédés plus ou moins efficaces. Il en résulte de sérieux inconvénients et la qualité du produit en souffre considérablement. Le producteur doit donc tenir compte de certaines limites dans l'utilisation du sel: une insuffisance de sel entraîne des détériorations du produit et un excès provoque des pertes de qualité. Par ses expériences, Legendre a démontré que la variation du

contenu en sel dans le poisson légèrement salé n'a pas beaucoup d'influence sur ses qualités d'entreposage. La température est beaucoup plus importante mais, dans ce cas, une autre difficulté se présente; à 13° C la morue ne peut être entreposée à l'état verte pour plus d'une semaine. A -4° C cependant, la durée d'entreposage pourrait être augmentée considérablement, mais après une quinzaine de jours, il y a une formation de phosphate de sodium. Il en surgit une multitude de points blancs qui apparaissent à la surface du produit dès qu'il est séché. Évidemment, ces points blancs ne sont pas dommageables, mais ils diminuent tout de même considérablement l'apparence, facteur important dans l'appréciation du produit. Compte tenu de la périssabilité de la morue légèrement salée, il est nécessaire d'en augmenter la conservation par un traitement de séchage.

Tableau 1. Composition chimique du sel no 8

Constituant	Proportion (%)
Chlorure de sodium NaCl (base sèche)	99,78 ± 0,08
Sulfate de calcium $CaSO_4$	0,15
Chlorure de calcium $CuCl_2$	0,02
Chlorure de magnésium $MgCl_2$	0,02
Chlorure de potassium KCl	0,03
Insolubles	0,003
Humidité	0,03

Égouttement

Lorsque la période de salage est terminée, le poisson est retiré de la saumure et empilé, à l'exception de la première rangée, sur des supports de bois. La teneur en eau de la morue est alors d'environ 74 % (Beatty et Fougère, 1958) et la teneur en sel a atteint 24,8 % sur base sèche, pour la moyenne de 4 jours de saumurage (Bérubé et Bordeleau, 1981), (Cardin et al., 1961). On forme des piles d'environ 1,5 m^2 sur une hauteur avoisinant 0,75 m de haut. Il s'agira alors de laisser le poisson sous cette forme durant environ 24 heures, puis de procéder à un transpilage de façon à ce que le poisson du dessus de la pile, subisse à son tour, le poids de celle-ci.

Legendre (1960) reconnaît l'importance de l'empilage. L'auteur lui attribue plusieurs rôles dépendamment de la période où elle a lieu. Ainsi, un empilage effectué entre le salage et le séchage permet d'enlever l'excès d'eau sur le poisson et d'améliorer l'apparence générale du produit.

Si l'empilage est répété à différentes périodes du séchage, il contribue à l'apparence et à la qualité du produit fini. Il permet également l'augmentation du taux de séchage au début de la période subséquente en régularisant la distribution d'eau à l'intérieur du poisson.

Bélanger et Bordeleau (1972) rapportent des différences entre les produits finis lorsque l'on utilise le procédé traditionnel d'une part, et modifie d'autre part ce même procédé en éliminant certaines étapes d'empilage. La teneur en eau du produit fini est plus élevée pour le procédé modifié, alors que celles en sel sont comparables: 24,9 % comparativement à 24,2 % pour le procédé traditionnel.

Séchage

Cette étape permet de prolonger le temps de conservation du poisson légèrement salé. Ce dernier est majoritairement exporté à l'étranger, là où le climat est plus chaud et plus humide que celui de la Gaspésie. Dans de telles conditions, le poisson ne se conserverait que quelques jours en dehors de la saumure.

Le procédé traditionnel de séchage consiste à étendre le poisson sur des vigneaux élevés à 0,75 m au-dessus du sol de façon à permettre la circulation de l'air. On obtient un produit de meilleure qualité si le poisson est séché le printemps ou l'automne par temps frais et sec de préférence à l'été quand le temps est chaud et humide. La durée du séchage est liée à la température, à l'humidité relative de l'air et à son rayon de circulation.

Par temps chaud, il y a un risque de "brûler" ou de cuire le poisson en diminuant ainsi sa valeur. A une température de 24°C (température du poisson), il y a un danger qu'il cuise partiellement et qu'il s'amollisse (Beatty et Fougère, 1958). Il s'imposera d'urgence de protéger le poisson contre le soleil si le temps est chaud et mort (vent faible ou inexistant). Par contre, par le temps humide, il faudra l'empiler et le couvrir. Lorsque le poisson atteint la dernière phase du séchage, on peut de temps en temps en faire des piles sous pression, afin que le poisson puisse "transpirer" i.e. que l'eau à l'intérieur du tissu migre vers l'extérieur pour finalement être évaporée lors de la dernière phase du séchage.

Les deux facteurs dominants lors du séchage traditionnel sont donc la température et l'humidité relative. Ainsi, en Gaspésie, la qualité du Gaspé Cured est inférieure durant juillet et août, alors que la température moyenne peut s'élever jusqu'à 24°C et, l'humidité relative, jusqu'à 80 %. Un climat frais et sec avec des vents légers offre les conditions idéales pour le séchage (Beatty et Fougère, 1958).

Parce que le séchage traditionnel n'est efficace que si le climat est propice et que les intempéries peuvent causer de fortes pertes, l'industrie du poisson salé-séché essaie de diminuer sa dépendance envers les conditions climatiques par l'utilisation de séchoirs mécaniques. Ces appareils permettent d'assurer un contrôle artificiel sur l'air qui circule sur le poisson.

Différents séchoirs ont été élaborés dont les modèles turbo et A.F.E.S. (Atlantic Fisheries Experimental Station) décrits par Beatty et Fougère (1958). Le procédé consiste à placer le poisson salé sur des treillis métalliques espacés de 10 cm l'un de l'autre sur lesquels on souffle à vitesse constante de l'air à humidité contrôlée. L'utilisation de ventilateurs et de systèmes de chauffage appropriés aide à maintenir artificiellement les caractéristiques optimales de l'air. Quelques modifications ont été apportées au séchoir de type traditionnel. En leur incorporant un système de déshumidification, ceux-ci assurent un meilleur contrôle de l'humidité relative de l'air. Chakraborty (1981), à l'aide d'un séchoir solaire, pouvait sécher différents types de poisson en 13 à 15 heures de lumière à une température moyenne de 45°C jusqu'à une teneur en humidité d'environ 20 à 25 %. Yu et al., (1982) ont rapporté de meilleurs résultats au séchoir pour des niveaux de salage de 10 à 20 %.

Les premières heures du séchage sont les plus critiques. Si la morue légèrement salée n'est pas séchée rapidement (10-12 heures), la prolifération bactérienne sur la surface humide du poisson est favorisée et peut causer le graissage (Peters et Newton, 1980). Les bactéries halophiles retrouvées sur les produits salés produisent souvent un dépôt visqueux (Gibbons et al., 1956). Peters (1967) a démontré qu'il n'y aura pas de graissage si la ration des teneurs en eau M/Mo (Mo est la teneur initiale sur base sèche) est réduite de moitié dans les premières 24 heures.

Dans les premières heures du séchage, l'humidité relative et la vélocité de l'air influencent le taux de séchage. Cette première étape, à haut potentiel de séchage, est relativement courte. Lorsque la surface du poisson est sèche, le séchage est limité par le mécanisme de diffusion de l'eau vers l'extérieur du tissu. La vitesse de diffusion peut être augmentée par une élévation de la température de l'air qui circule sur le poisson. Toutefois, une augmentation irrégulière de la température de séchage et la diminution de l'humidité relative peut provoquer un phénomène de durcissement (case hardening). Cette croûte sel-protéine formée lors d'un séchage trop rapide peut être éliminée par des transpilages intermittents. Des températures supérieures à 50°C entraînent la cuisson du muscle (Balachandren, 1961).

Lorsque l'humidité relative de l'air est inférieure à 35 %, la vitesse de l'air n'a pas un grand effet sur la courbe de séchage après 4 heures. Par contre, l'humidité relative a plus d'effet lorsque la vitesse de l'air ne dépasse pas 182 M/min. Un taux de séchage obtenu à partir d'une combinaison 50 % H.R. et 91 M/min permet au poisson légèrement salé de sécher sécuritairement à une température maximale de 80°F. (bulbe sec) si le point de rosée est inférieur à 55°F. (Peters et McDougall, 1967). Lors du séchage il s'établit un

équilibre entre l'humidité relative et le contenu en eau de la morue salée. La valeur à l'équilibre varie selon le contenu en sel (Cooper et Noël, 1966).

Jason (1958) a publié les résultats de ses travaux sur la diffusion de l'eau dans le muscle du poisson durant le séchage. Il a démontré qu'après une période dite à taux constant, le séchage s'effectue en deux phases contrôlées par le coefficient de diffusion de l'eau. Del Valle et Nickerson (1968) l'ont également souligné. Jason a notamment établi qu'à la fin de la période constante, la distribution interne de l'eau dans le tissu se présente sous forme parabolique. Lors de la première phase, le coefficient de diffusion est quatre fois celui de la seconde qui est caractérisée par le point de saturation de la phase aqueuse du muscle par le chlorure de sodium qu'elle contient (Peters, 1971). Van Arsdel (1963) a également décrit ces phases.

Lorsque l'eau est expulsée, la concentration du sel augmente et suscite une distribution non-uniforme de l'eau à l'intérieur du tissu. L'augmentation de la concentration provoque la dénaturation des protéines (Connell, 1959). La présence de l'eau dans le tissu est très importante pour les propriétés de structure, de valeur nutritive et de goût. La déshydratation peut affecter considérablement ces propriétés et causer des changements irréversibles (Kuprianoff, 1958). Love et al., (1974) rapportent que le contenu en protéine n'exerce qu'une influence négligeable sur la texture du poisson, et ce, même une fois l'eau éliminée.

Un groupe de chercheurs de la Nouvelle-Ecosse (1981) ont comparé, du point de vue économique, le système A.F.E.S. et celui de la pompe à chaleur. Ce dernier procédé permet d'économiser plus de 35 % de la consommation énergétique d'un séchoir conventionnel.

Un taux de séchage de 5 à 6 % d'eau enlevée/heure donne une bonne apparence au produit. Un durcissement de la surface apparaît à 8-10 %, mais il est difficile de le quantifier précisément. De façon générale, ils ont obtenu un bon produit avec une période de séchage initiale de 24 heures, suivie d'un pilage de 5 à 17 jours dans une chambre froide et d'une autre période de 24 à 30 heures de séchage. L'emploi d'un séchoir contrôlé par thermocouple évite les hausses ou variations de température. Il procure également une amélioration sensible du taux de séchage et évite la formation de la croûte à la surface (Legendre, 1958).

Une fois le produit fini obtenu, il est possible d'en prévoir la durée de conservation en se fondant sur la corrélation entre l'activité de l'eau et le temps qu'il faut pour qu'apparaissent les premiers signes de moisissures. Doe et al., (1982) montrent comment calculer le aw à partir des teneurs en eau et en sel. La germination des spores de moisissures rencontrées jusqu'à maintenant s'effectue à une aw minimale de 0,62 (Frazier, 1967). Quant aux bactéries, qui contribuent à la détérioration du poisson salé-séché, elles ne peuvent survivre à un aw inférieur à 0,75 (Beatty et Fougère, 1958).

Voici d'ailleurs les principales observations de Shewan (1945) concernant la flore bactérienne du poisson salé-séché.

- Le poisson déshydraté, fabriqué à partir de matière première de bonne qualité, sous des conditions raisonnablement hygiéniques, n'est pas stérile, mais peut contenir jusqu'à 10^5 organismes/g.

- Exception faite d'un faible pourcentage de bâtonnets asporogènes, la flore est constituée principalement de microcoques, ce qui est différent de la flore originale du poisson frais.

- Parmi les coques qui peuvent croître à 37°C, 0 à 29 % sont potentiellement aptes à produire des entérotoxines.

- Le principal changement dans la flore apparaît immédiatement après le tranchage du poisson frais. Il est principalement causé par les manipulations humaines et les contacts avec les outils utilisés.

- Si la température du poisson durant les 3 ou 4 premières heures du séchage se maintient aux environs de 35-40°C, on remarquera une rapide augmentation du compte bactérien. Par contre, à 50°C, une diminution constante peut être notée.

- L'étape de séchage provoque une diminution considérable du compte bactérien sur le produit final.

- L'humidité relative à laquelle apparaissent les moisissures (visibles) correspond à 65 % après 62 semaines d'entreposage et à une teneur en humidité de 10,1 %.

  Avant entreposage la flore croît à 20°C:

  53 % coques gram positif

  43 % coques gram négatif

  à 37°C, 95 et 2 % respectivement.

Après entreposage (62 semaines) à 20°C:

54 % bâtonnets asporogènes

43 % coques gram positif

aucun gram négatif

à 37 C, 7,5, 31,5 et 39 %.

Frank et Hess (1940) ont noté qu'Escherichia coli pouvait survivre 3 mois et plus sur du poisson salé à des températures de 5 à 6°C. La survie de cet organisme est favorisée par de basses températures d'entreposage et par une forte contamination.

Lors de la classification du Gaspé Cured, l'apparence extérieure du produit revêt une importance capitale. Sa qualité première, telle que mentionnée plus tôt, concerne la couleur ambrée et translucide qui doit le caractériser (Beatty et Fougère, 1958).

Au cours de sa fabrication, le Gaspé Cured subit des transformations physiques, chimiques et bactériologiques. L'interdépendance de ces problèmes ne permette pas d'isoler le jaunissement de la morue des autres réactions mises en jeu. Toutefois, il faut noter que la chair blanche de la morue fraîche jaunit lorsqu'elle est salée, et ce, de plus en plus au fur et à mesure de sa conservation (Soudan, 1955). Selon ses travaux, Legendre (1950) estime que le jaunissement est perçu dans des délais de 7, 15 ou 21 jours pour des températures d'entreposage respectives de 35, 32 ou 29°C. Ce jaunissement se développerait plus vite quand le poisson est faiblement salé et la température élevée, mais semble indépendant de la teneur en eau de la chair et de l'humidité relative de l'air.

McPherson (1932) a constaté que la composition du sel influençait le jaunissement. Il a noté que la présence de sels de calcium ou de magnésium conférait à la fibre musculaire soit un aspect blanc crayeux, de la dureté et un goût âcre, soit une blancheur brillante translucide, de la fermeté et une saveur amère peu agréable. Il a également remarqué que la chair du poisson salé avec un sel pur devenait jaune mais demeurait souple et se réhydratait facilement.

Boury (1932-1945), après avoir rejeté l'hypothèse d'une action bactérienne chromogène, dosa des chlorures et sulfates, le calcium, le magnésium et le fer dans une zone musculaire allant de la surface salée à 0,5 cm de profondeur ou de 0,5 à 1 cm. Les morues avaient été salées à terre en baril avec huit sels différents et maintenues à 15°C pendant 3,5 mois. Il conclut que le jaunissement uniforme n'est pas attribuable à une concentration superficielle excessive des sels de fer. Ceux-ci sont pourtant susceptibles de tacher le poisson (Shewan, 1951) s'ils existent au taux anormal de 30 mg et plus par kg de sel (Dyer, 1950).

Soudan (1955) émit l'hypothèse que le jaunissement pouvait résulter d'une déshydratation superficielle poussée qui augmenterait la concentration relative de la matière colorante existant normalement dans le poisson. Ce phénomène serait alors plus intense quand la morue est plus sèche et serait accru par tout ce qui favorise la dessication: élévation de la température et/ou abaissement de l'humidité relative de l'air ambiant. Il a toutefois rejeté cette hypothèse suite aux résultats qu'il a obtenus. Il devait toutefois conclure que le jaunissement de la morue était causé par des réactions lipido-protéiques semblables à celles décrites par Maillard en 1912 entre divers sucres réducteurs et les acides aminés. Ces réactions, chez la morue,

impliqueraient la fonction amine des acides aminés ainsi que les peroxydes et les aldéhydes formés au cours de l'auto-oxydation des lipides. L'apport de la composition du sel sur le jaunissement relèverait donc de l'influence que celui-ci aurait sur l'évolution biochimique du muscle et, par conséquent, sur l'oxydation de l'huile musculaire. Ces réactions ont également été décrites par Jones (1962). Le jaunissement est un défaut de la morue. Toutefois, l'explication de ce phénomène pourrait peut-être servir de point de départ pour des expériences visant à identifier les conditions nécessaires à l'obtention de la couleur ambrée, caractéristique importante du Gaspé Cured.

2. Objectifs

- Détermination des bilans de matière particulièrement ( ) l'eau et le sel et évaluation de leurs effets spécifiques sur le produit;
- Évaluation de la coloration de la morue en production en fonction de trois scénarios distincts (séchoir mécanique seul, air naturel seulement, utilisation conjointe des deux procédés);
- Évaluation de l'impact des divers procédés de transformation sur la texture des chairs;
- Détermination des modifications morphologiques du tissu lors de la transformation, et ce, à différentes étapes du procédé;
- Évaluation du rôle et de la nature de la flore microbiologique lors de la transformation de la morue salée-séchée de type Gaspé Cured.
- Évaluation des performances énergétiques d'un séchoir muni d'un système de déshumidification.

3. Matériel et méthodes

3.1 Méthodologie

Les poissons, après tranchage, ont été identifiés à l'aide d'un ruban à partir d'un code correspondant à la saison, J pour juillet (été) et A pour automne; à la catégorie, p pour petite, m pour moyenne et g pour grosse ainsi qu'un numéro de 1 à 16. Les poissons ainsi identifiés ont été analysés en fonction de la texture et de la couleur, puis déposés dans le bac de saumurage. Trois poissons du même lot ont ensuite été sélectionnés et ont servi aux autres analyses: eau, sel, aw, microbiologie et microscopie.

Après chaque étape, les analyses de texture et de couleur étaient effectuées sur les 16 poissons déjà identifiés qui retournaient à l'intérieur du même lot d'où furent sélectionnés à nouveau 3 poissons pour les autres analyses déjà énumérées.

Lors de l'étape de séchage, trois scénarios ont été retenus pour les fins de cette expérience:

- Séchage traditionnel, tel que décrit par Beatty et Fougère (1958) qui consistait à faire sécher la morue légèrement salée à l'extérieur;
- Séchage mécanique avec un séchoir opérant sur le principe de thermo pompe situé à l'usine "Les poissons salés gaspésiens ltée" de Grande-Rivière (Québec) et fabriqué par la compagnie Uraken Canada Limitée, Sainte-Eustache (model LR.235F53, capacité 10 000 kg). Ce séchage s'est effectué immédiatement après l'étape d'empilage, c'est-à-dire sans séchage préalable à l'extérieur. Un lot différent de celui utilisé à l'extérieur a été sélectionné et la procédure d'échantillonage était la même que le

procédé traditionnel, sauf lors de l'identification où le code comprenait un symbole additionnel i.e. celui du procédé, s (séchoir). Les analyses furent effectuées à chaque heure en alternant les catégories.

- Séchage combiné qui comportait l'utilisation du procédé traditionnel, en premier lieu, suivi d'un séchage mécanique. Une partie du lot utilisé pour la production extérieure (chaque catégorie) a été identifiée, puis transférée à l'intérieur du séchoir après avoir subi un séchage partiel à l'extérieur (période de temps non déterminée). Le code d'identification possédait les symboles ES (extérieur-séchoir). Les poissons furent disposés sur un même chariot, au hasard, dans le séchoir et les procédures d'analyse étaient les mêmes que celles décrites plus tôt selon le procédé utilisé.

Pour chacun des scénarios effectués, la transformation des trois catégories a débuté le même jour et cette procédure menée à l'été était ensuite répétée à l'automne.

3.2 Description systématique des méthodes utilisées pour la mesure des paramètres

3.2.1 Eau

Sur chacun des poissons sélectionnés, six morceaux d'environ 2 cm carrés tel qu'indiqué à la Figure 1 ont été coupés manuellement. Chacun des morceaux prélevés a ensuite été découpé en 3 strates (5 pour la grosse) d'environ 2 mm d'épaisseur. Chaque strate a été déposée individuellement dans les fioles no 16 (Ampak Limitée, Montréal) pré-identifiées et préalablement pesées sur balance Mettler PE 1600 (Fischer Scientific Limited, Montréal). Chaque échantillon

ainsi préparé fut ensuite séché partiellement à 100°C dans une étuve non ventilée (style DO-7, Despatch Oven Co., Minneapolis, MINN.), puis expédié par autobus à l'Université Laval où l'on a procédé à un deuxième séchage, cette fois à 90°C., dans une étuve ventilée jusqu'à un poids constant.

3.2.2. Sel

Les échantillons ayant servi à l'analyse de l'eau ont été broyés au mortier. 0,5 g de l'échantillon auquel on a ajouté 50 ml d'eau distillée et déionéisée a ensuite été agité 30 minutes sur plaque oscillante (Fischer), puis filtré sur papier Whatman no 1. Le filtrat a été analysé à l'aide du Salt Analyser (Diamond Crystal Limited, St. Clair, MICH.) préalablement calibré avec une solution de NaCl (2%).

3.2.3 Couleur

Cinq lectures ont été prises à l'aide du colorimètre XL-1000 (Pacific Scientific, Montréal) sur la chair de chacune des 16 morues identifiées à cette fin telles que démontrées à la Figure 2. L'échelle utilisée fut celle des valeurs, x, y, et z. Afin d'éviter que l'eau et/ou la saumure s'infiltre dans l'appareil, (ce qui pourrait être néfaste pour ce dernier), on a utilisé une vitre de 3 mm d'épaisseur sur laquelle était déposé le poisson et les différentes lectures ont été obtenues en déplaçant la vitre. Celle-ci était rinçée à l'eau de l'usine après chaque poisson. L'utilisation de cette vitre impliquait une source d'erreur au niveau des valeurs absolues. Toutefois l'analyse des résultats se faisait sur base comparative et l'erreur occasionnée par son utilisation était une constante.

3.2.4. Texture

Les points d'analyse et les échantillons utilisés ont été les mêmes que ceux établis pour la couleur. L'appareil utilisé était le pénétromètre (Precision Scientific Co., Chicago).

3.2.5. Aw

Les échantillons ont été prélevés sur une des trois morues également utilisées pour les analyses d'eau et de sel. Ces morceaux, de dimensions variables, ont été empaquetés dans des contenants de plastique de type "Tupperware", puis déposés dans une glacière. Une fois la glace ajoutée, la glacière a été fermée le plus hermétiquement possible, puis expédiée à Québec où l'analyse de l'aw a été effectuée à l'aide de l'appareil Rotronic 20 (Kaymont Instrument Corp., Huntington, NY).

3.2.6. Microbiologie

Deux morceaux de 2 x 6 cm, d'une épaisseur d'environ 2 mm, ont été prélevés le plus stérilement possible à la surface de chacune des trois morues utilisées pour les analyses d'eau (Fig. 1). Ces morceaux ont ensuite été déposés dans des plats de pétri 100 x 15 mm (Fisher Scientific Co.), puis expédiés à Québec conformément aux envoies de l'aw. Une fois rendus à l'Université, les échantillons ont été analysés le plus rapidement possible.

Le prélèvement microbiologique de la surface du poisson a été fait par la méthode du disque abrasif tel que décrit par Goulet (1983), sauf qu'au lieu d'effectuer les dilutions dans de l'eau peptonée, on a utilisé de l'eau saline

0,85% NACl. La procédure consistait à prendre 1 ml de la dilution (10^{-2} ou 10^{-4}) que l'on place dans un plat de pétri et que l'on recouvre d'une couche de milieu liquide préalablement stérilisé (sauf VRBA). Elle conduisait alors à l'incubation. Les milieux utilisés (BDH Chemical, Montréal) furent les suivants:

PCA: Plate Count Agar
évaluation des comptes totaux
incubation à 30°C. pendant 48 heures

PDA: Potato Dextrose Agar
Compte de levures et moisissures
Au moment de l'utilisation, acidification du milieu avec une solution à 10% d'acide tartarique stérilisée à froid sur millipore 0,45 u
pH final du milieu: 3,5
incubation à 30°C. pendant 48 heures

TSA: Tryptic Soy Agar
Compte des bactéries halophiles
Avant stérilisation, addition au milieu de 15 g d'agar + 5 g NaCl pour 1000 ml de milieu
incubation à 30°C. pendant 48 heures

VRBA: Violet Red Bile Agar
Compte des coliformes
Préparation la journée même
incubation à 37°C. pendant 24-48 heures.

Les milieux étaient conservés dans un bain chauffant à 45°C lors de la mise en plaque et entreposés à 4°C s'ils n'étaient pas utilisés immédiatement. Des dilutions de 10-2 étaient effectuées pour les milieux PCA, TSA et VRBA et 10-4 pour PCA, PDA et TSA.

3.2.7 Microscopie

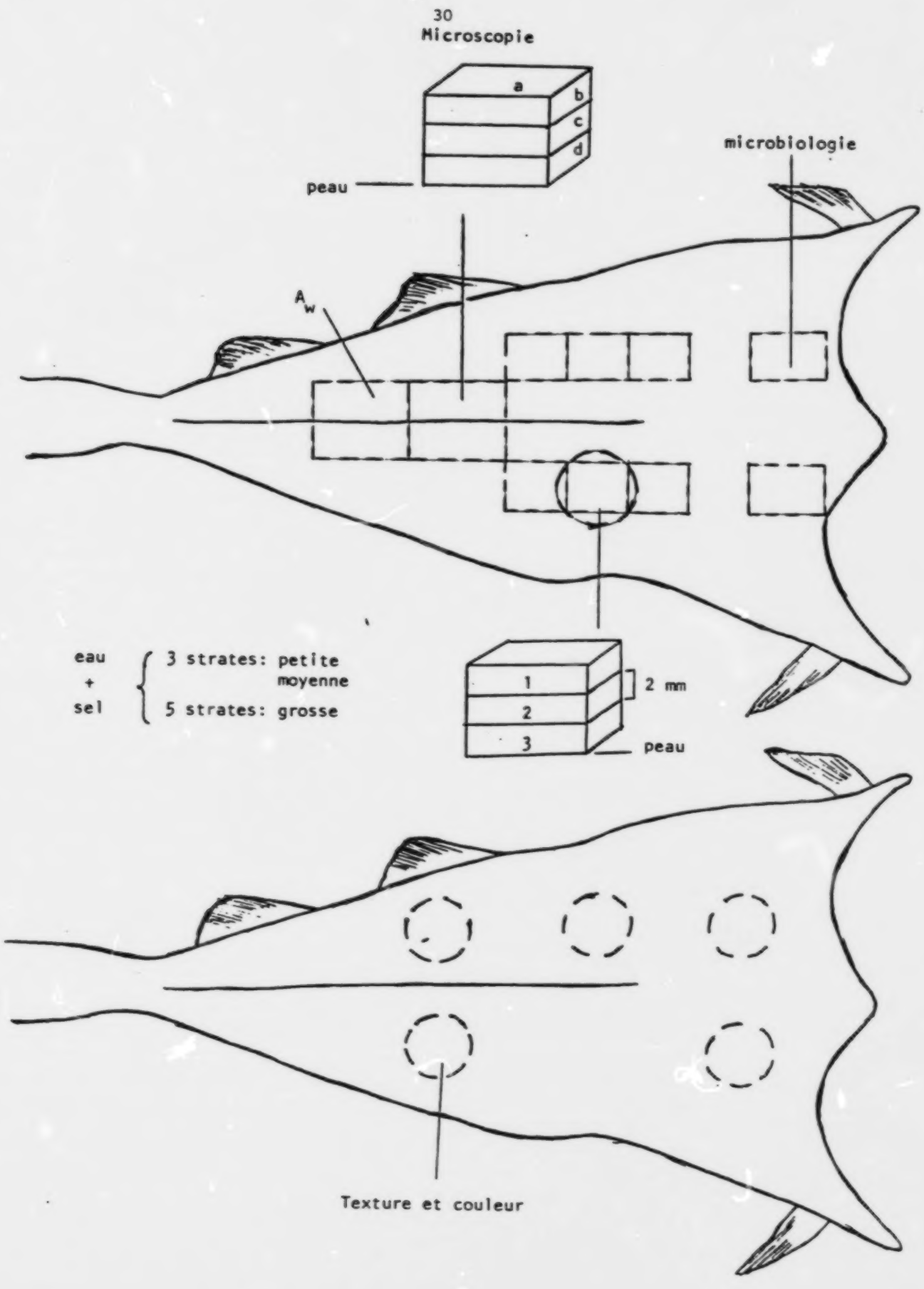
Les échantillons ont été recueillis et expédiés à Québec de la même façon que ceux utilisés par l'aw où ils ont été entreposés à 0°C., jusqu'à l'analyse. Des prélèvements de 5 à 8 mm carrés d'épaisseur de 2 à 5 mm ont été fixés aux vapeurs de tétroxyde d'osmiun (05 04) 2% pendant 10 à 12 heures à 25°C. Les tissus ont par la suite été séchés à l'étuve à 37°C. pendant 24 heures, puis montés sur des porte-objets adaptés au microscope électronique à balayage Cambridge S-150, à l'aide d'un ruban adhésif sur les deux faces et de peinture conductive à base d'argent.

La métallisation a été effectuée par vaporisation d'une pellicule d'or d'épaisseur variant de 20 à 30 mm, selon la densité des spécimens traités. Un appareil Nanotech muni d'une cible d'or a été utilisé à cette fin.

La vaporisation a été faite sous vide à 1200 V, 20 mA et le vide régularisé par l'entrée d'un gaz (Argon) à l'intérieur de la cloche.

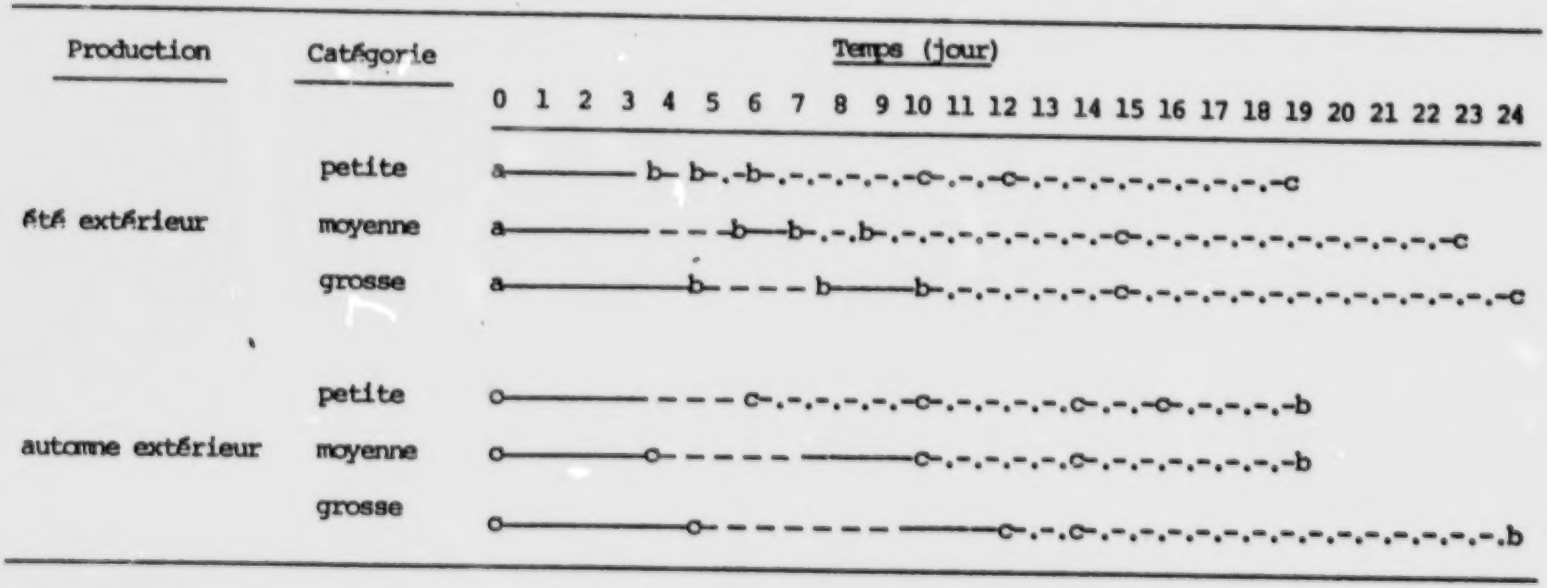
Les observations ont été réalisées au microscope électronique à balayage Cambridge S-150 sous une tension d'accélération de 20 KV et la prise des clichés effectuée sur film Polaroid type 52.

Figure 1: Points de prélèvement des échantillons lors de l'analyse de la morue salée-séchée de type Gaspé Cured.


Microscopie
a
b
c
d
peau
microbiologie
A_w
eau
+
sel
3 strates: petite
moyenne
5 strates: grosse
1
2
3
2 mm
peau
Texture et couleur

4. Résultats et discussion

Figure 2a : Analyses et prélèvements des échantillons effectués sur les productions extérieures lors des saisons d'été et d'automne



—— Saumure
-- Pilage
---- Transpilage
-.-. Dehors

a: texture, couleur, microscopie, microbiologie
b: texture, couleur, microbiologie, microscopie, humidité
c: texture, microscopie, microbiologie, humidité

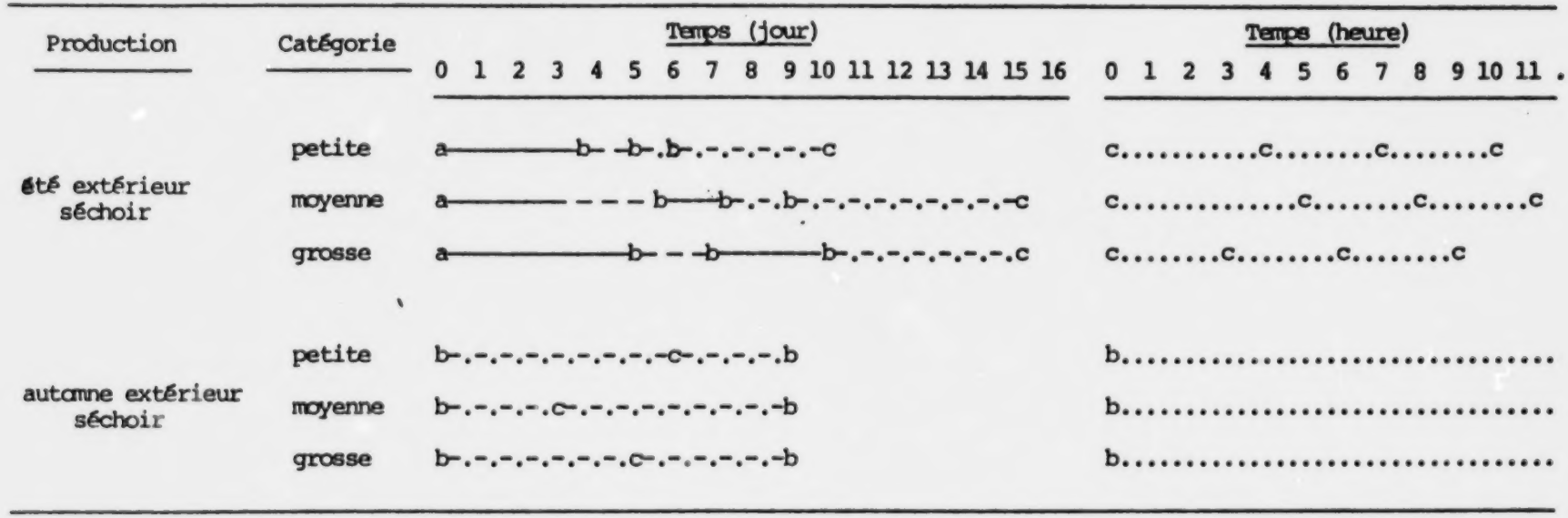
Figure 2b: Analyses et prélèvements des échantillons effectués sur les productions intérieures lors des saisons d'été et d'automne

Production	Catégorie	Temps (heure) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19	
été - séchoir	petite	c.....c.....c.....c	produit graissé
	moyenne	c.....c.....c.....c	produit graissé
	grosse	c.....c.....c.....c	produit graissé
automne - séchoir	petite	c.....c.....c-.-.-.-.-.-.-c-.-.-.-.-.-.-.-.c (2 jours, 8 jours)	
	moyenne	c.....c.....c-.-.-.-.-.-.-c-.-.-.-.-.-.-.-.c (2 jours, 8 jours)	
	grosse	c.....c.....c-.-.-.-.-.-.-c-.-.-.-.-.-.-.-.c (2 jours, 8 jours)	

.... Séchoir
-.-. Dehors

c: texture, humidité, microscopie, microbiologie

Figure 2c: Analyses et prélèvements des échantillons effectués sur les productions combinées lors des saisons d'été et d'automne



Etapes: —— Saumure
– – Pilage
---- Transpilage
-.-. Dehors
.... Séchoir

Analyses:

a: texture, couleur, microscopie, microbiologie

b: texture, couleur, microbiologie, microscopie, humidité

c: texture, microscopie, microbiologie, humidité

5. Production d'été

5.1 Procédé traditionnel (Figure 2a)

5.1.1 Eau

L'examen des Figures 3 à 5 amène à penser qu'un certain profil semble se dessiner, sans égard à la grosseur. Au départ, la morue possède une teneur en eau moyenne d'environ 83,5%, résultats légèrement supérieurs à ceux de Love (1960) qui indiquent une teneur normale de 80,5%. La différence peut s'expliquer par le fait que nos analyses ont été effectuées après que la morue ait séjourné dans l'eau tout le long de la chaîne de tranchage. Après le saumurage, cette teneur tend à diminuer vers 74% pour la petite morue, 76% pour la moyenne et 67,7% (couche 5) à 70,3% (couche 3) pour la grosse. Beatty et Fougère (1958) obtenaient une teneur moyenne de 74%. La force de la saumure telle qu'indiquée par Bérubé et Bordeleau, serait à l'origine de ces variations. Ainsi, lors de notre expérience, les relevés signalaient des concentrations respectives de 52, 56 et 68 S pour les trois catégories pré-citées.

Après le pilage, un certain réaménagement se produit (Fig. 3 et 5). Ainsi, la couche 1 tend à devenir la plus sèche alors que la majorité subit une augmentation de leur teneur en eau. Des problèmes techniques ont empêché d'analyser l'effet du pilage pour la catégorie moyenne.

Figure 3: Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, catégorie petite, subdivisée en couches, au cours de la transformation en été selon le procédé traditionnel.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

0: morue fraîche

3: après saumure

4: après pilage

6-10...: après 2-6... jours de séchage extérieur

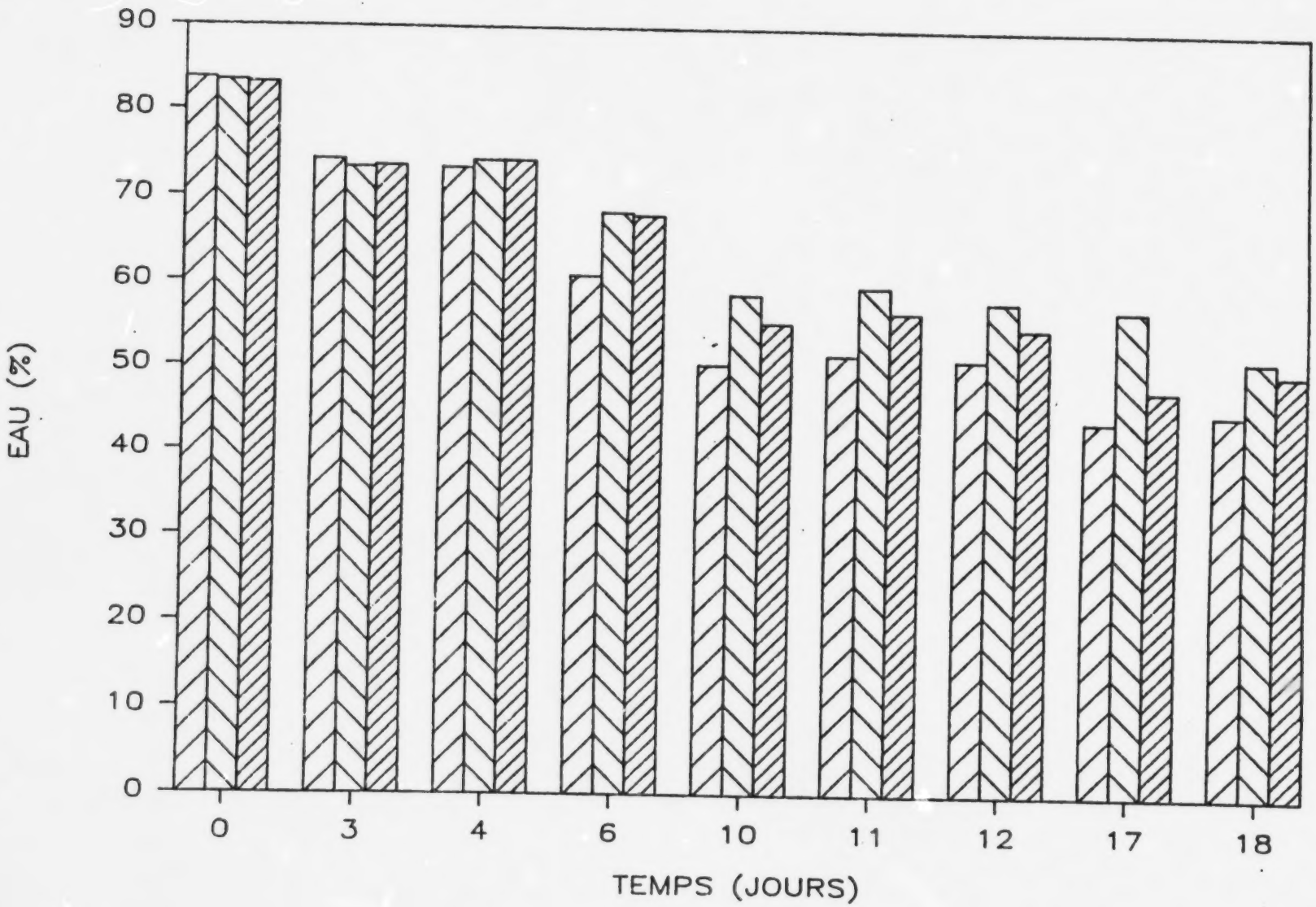

90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
EAU (%)
0
3
4
6
10
11
12
17
18
TEMPS (JOURS)

Figure 4: Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, catégorie moyenne, subdivisée en couches, au cours de la transformation en été selon le procédé traditionnel.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

o: morue fraîche

5: après pilage

7: après transpilage

8-9...: après 1-2... jours de séchage

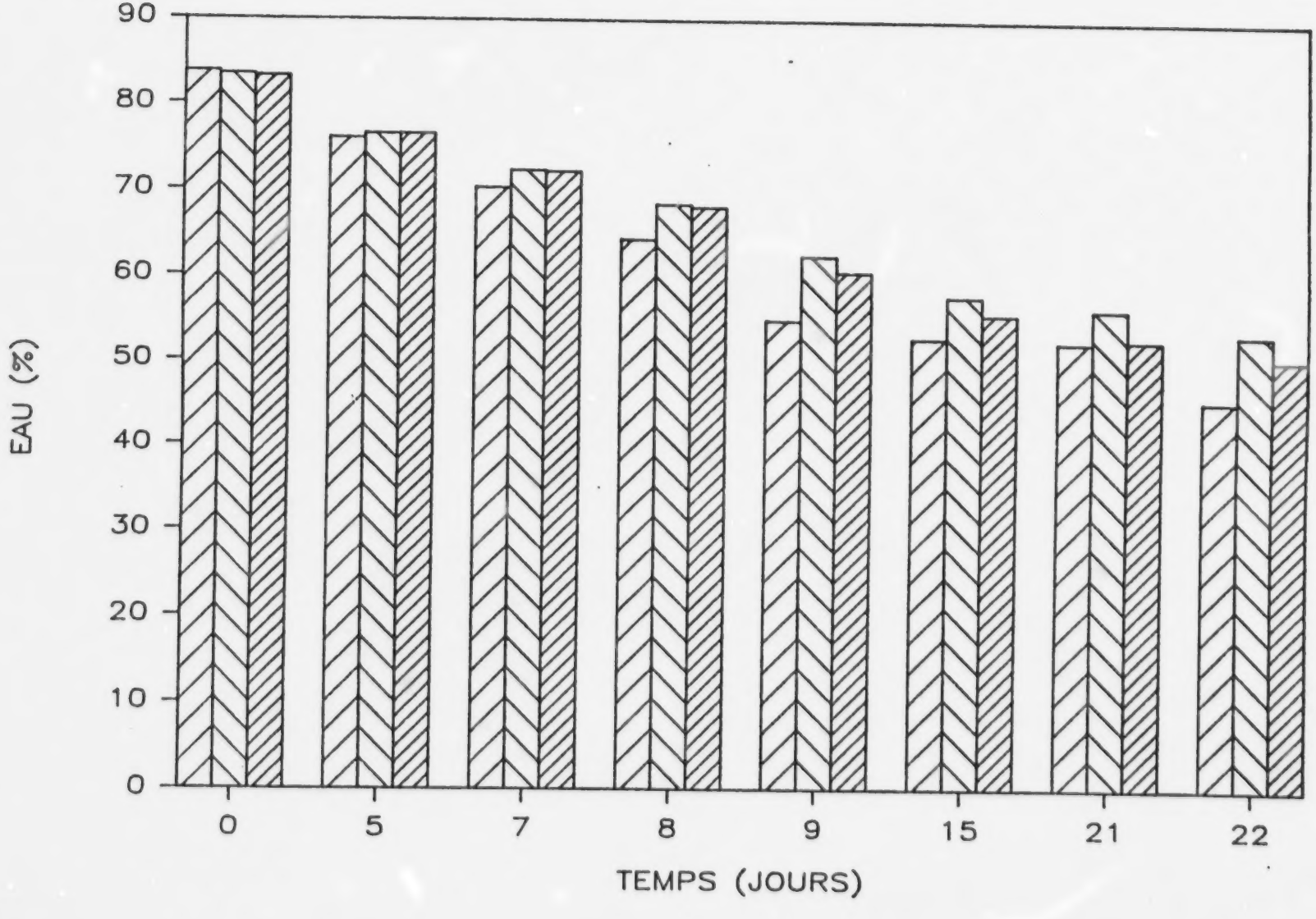

90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
EAU (%)
0
5
7
8
9
15
21
22
TEMPS (JOURS)

Figure 5: Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, catégorie grosse, subdivisée en couches, au cours de la transformation en été selon le procédé traditionnel.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

couche 4

couche 5

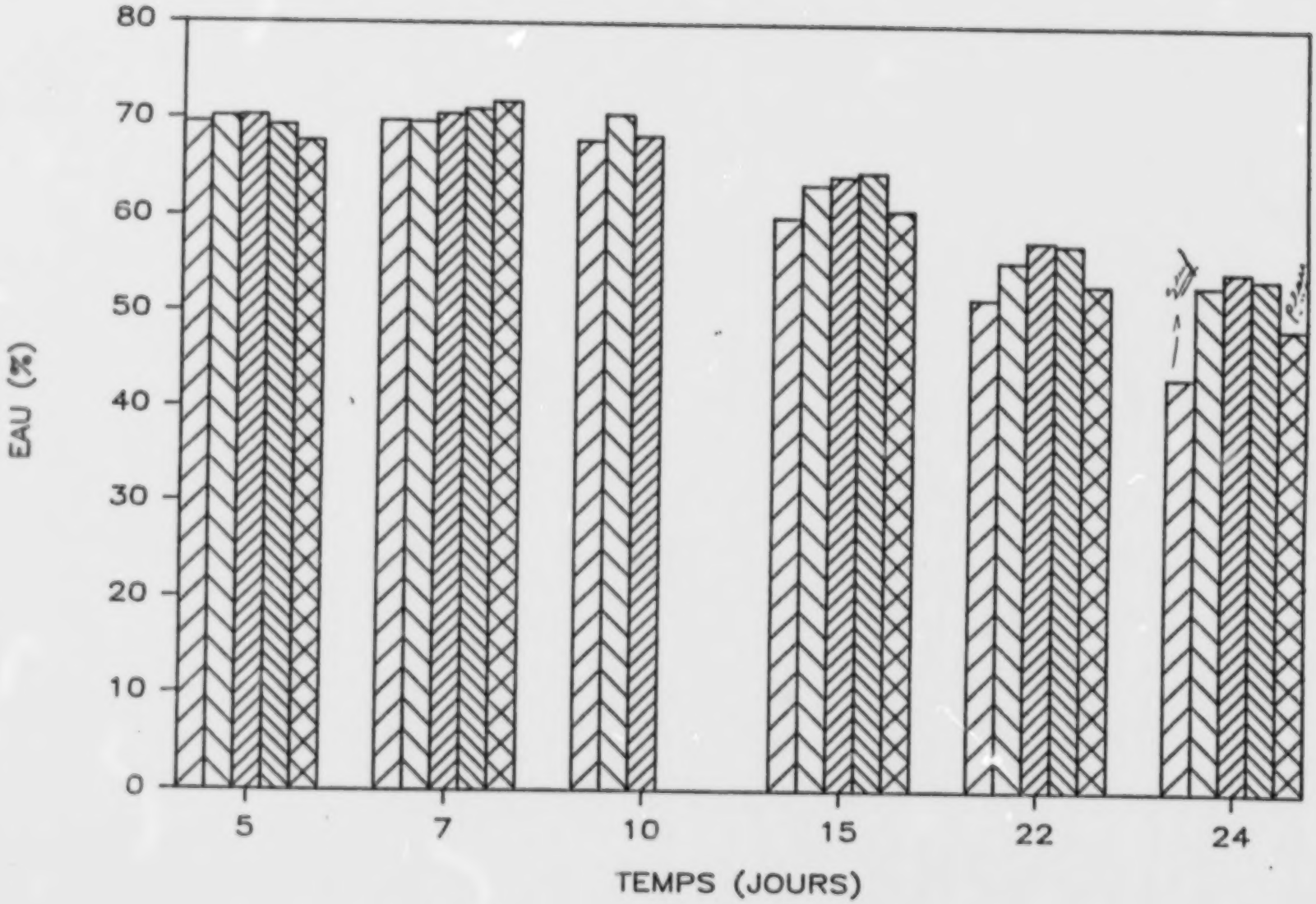
0: morue fraîche

5: après saumure

7: après pilage

10: après transpilage

15-22-24: après 8-15-17 jours de séchage


80
70
60
50
40
30
20
10
0
EAU (%)
5
7
10
15
22
24
TEMPS (JOURS)

L'étape de transpilage, qui n'a pas eu lieu pour la petite, provoque une plus grande différenciation entre les couches. Pour la moyenne, l'écart est plus marqué entre la couche 1 et les 2 autres couches, alors que, pour la grosse (seulement trois couches ont été tranchées), le centre est nettement plus humide que les deux autres. Ces deux étapes d'empilage permettent donc d'éliminer une certaine quantité d'eau selon la description de Legendre (1960) et de faire apparaître un certain profil de distribution d'eau à l'intérieur du poisson.

Lors du pilage et du transpilage, la morue est empilée de façon à placer la peau sur le dessus. Par pression et par gravité, l'eau près de la peau tend à migrer vers la surface pour ensuite être éliminée, du moins en partie. Une déshydratation de la surface se produit et la répartition de l'eau à l'intérieur se modifie: c'est ce réaménagement qui se traduit par l'apparition d'un nouveau profil.

Une dénaturation plus prononcée à la surface, suite à une concentration de sel plus élevée dans l'absorption initiale (Beatty et Fougère, 1958) serait à l'origine d'une perte d'eau plus importante.

Lors du séchage, on remarque, de façon générale, que la première couche demeure toujours la plus sèche, suivie de celle près de la peau. Celle du centre demeure donc la plus humide. La surface du produit fini (couche 1) possède une teneur en eau inférieure de 6,5 à 11,2 unités de pourcentage à celle de la couche centrale. On peut donc conclure que lors du procédé traditionnel, l'évaporation de l'eau à la surface s'effectue plus rapidement que la diffusion de celle-ci à l'intérieur du tissu. Ce phénomène est constant et peut être observé pour la petite, moyenne et grosse morue (Fig. 3 à 5).

Finalement, on constate que la durée du procédé est fonction de la grosseur de la morue et que la teneur en eau de la première couche atteint 44 à 45% alors que celle au centre est de 52%.

5.1.2 Sel

Les analyses de sel (Fig. 6 à 8) indiquent que, lors de l'étape de saumurage, la force de la saumure influence la teneur en sel (sur base sèche) à l'intérieur du tissu. On remarque donc une concentration diminuant de la grosse vers la petite, soit environ 35 pour la grosse, 28 pour la moyenne et 24 pour la petite. Quant au profil à l'intérieur du poisson, au début du procédé, il est similaire, sinon accentué à celui rencontré lors de l'analyse de l'eau; la première couche possède la concentration la plus élevée et celle près de la peau, la plus basse. Lors du pilage et du transpilage, le même comportement peut être dénoté puisque la première couche devient la moins concentrée. On remarque donc que la teneur en sel (sur base sèche) est directement proportionnelle à la teneur en eau (Beatty et Fougère, 1958).

Après le séchage, la morue possède une teneur en sel plus élevée qu'après le transpilage. Il faut noter toutefois que, durant le séchage, la concentration varie un peu en dents de scie. Pour les trois catégories, la couche de surface et celle près de la peau ont des teneurs égales en sel. On obtient donc des produits finis dont les teneurs de la première couche se situent de 28 à 30% et la moyenne des couches de 29 à 32%, ce qui se rapproche assez bien des valeurs obtenues par Bérubé et Bordeleau (1981) qui rapportaient des teneurs de 30,1 pour l'usine concernée.

5.1.3 Texture

L'allure de la courbe (Fig. 9) indique que la petite morue durcit plus rapidement que les deux autres. La moyenne, après un départ plus lent, tend à se durcir plus rapidement que la grosse. Sauf pour cette dernière, les courbes ne présentent aucune remontée. Quant à la grosse, ce pic apparaît lors de l'étape de pilage.

En comparant ces observations avec les analyses d'eau (Fig. 3 à 5), on constate que la courbe de texture correspond à celle de la première couche, pour chacune des catégories. Ainsi, dans les trois catégories, la grosse est la seule à avoir subi une augmentation de la teneur en humidité (lors du pilage).

Lorsque la morue atteint une teneur en eau d'environ 50% (première couche), la valeur au pénétromètre atteint zéro, c'est-à-dire 18 jours pour la petite (Fig. 3), comparativement à 22 jours pour les catégories moyennes (Fig. 4) et grosses (Fig. 5). En diminuant la fréquence des lectures, il aurait été possible de connaître la valeur exacte du point zéro.

Figure 6: Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie petite, subdivisée en couches, au cours de la transformation en été selon le procédé traditionnel.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

0: morue fraîche

3: après saumure

4: après pilage

6-10...: après 2-6... jours de séchage

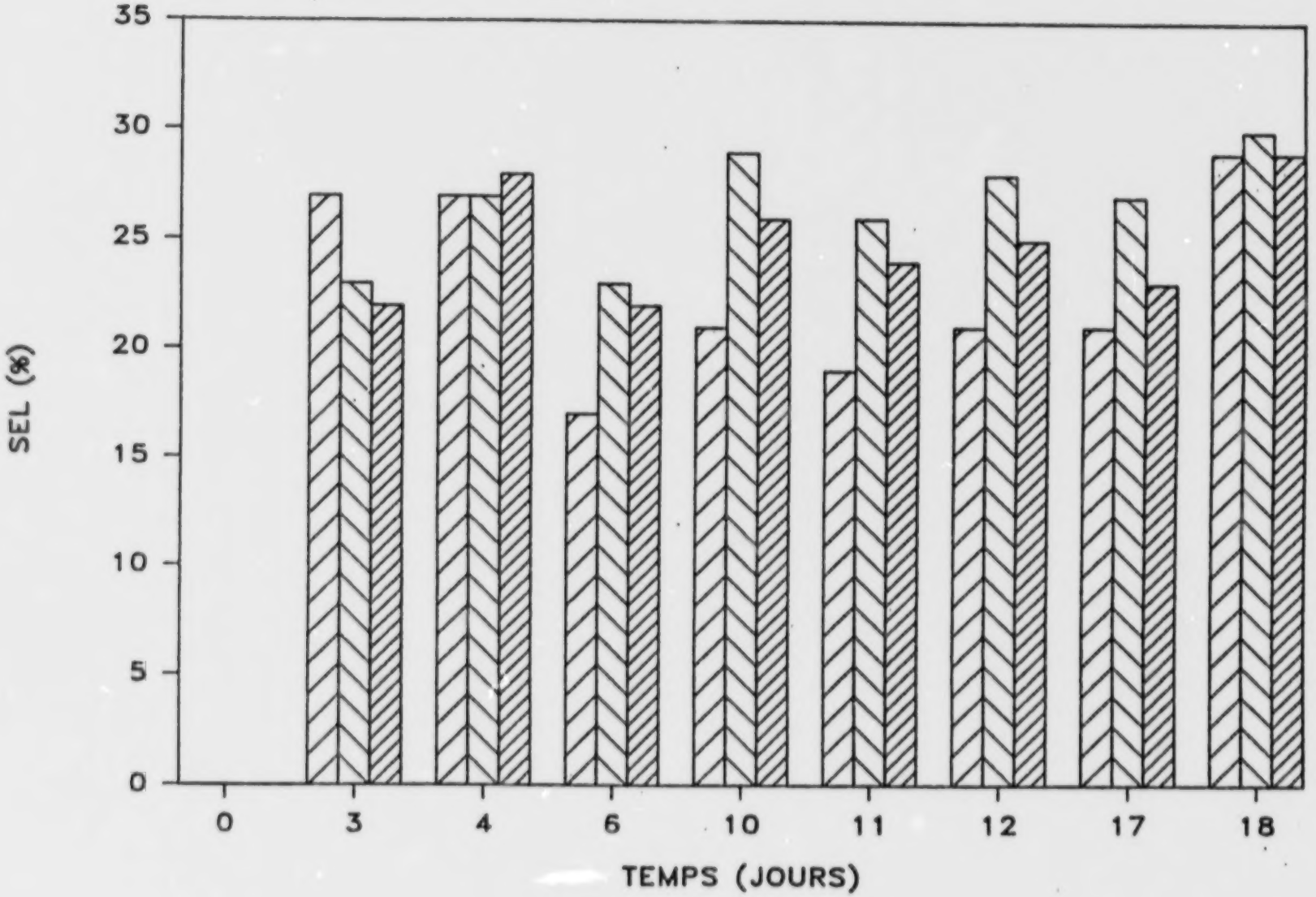

35
30
25
20
15
10
5
0
SEL (‰)
0
3
4
6
10
11
12
17
18
TEMPS (JOURS)

Figure 7: Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie moyenne, subdivisée en couches, au cours de la transformation en été selon le procédé traditionnel.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

0: morue fraîche

5: après pilage

7: après transpilage

8-9...: après 1-2... jours de séchage

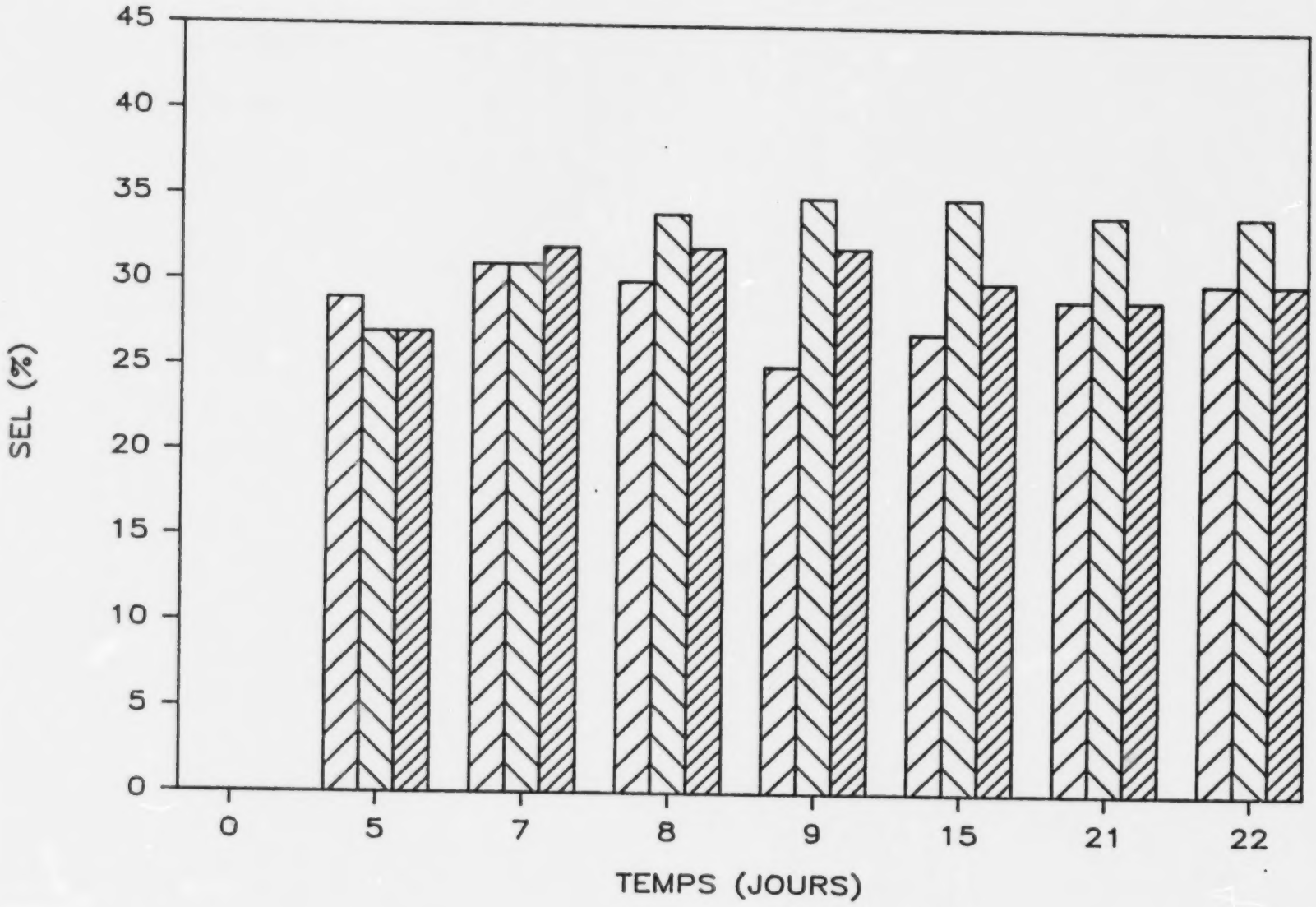

45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
SEL (%)
0
5
7
8
9
15
21
22
TEMPS (JOURS)

Figure 8: Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie grosse, subdivisée en couches, au cours de la transformation en été selon le procédé traditionnel.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

couche 4

couche 5

0: morue fraîche

5: après saumure

7: après pilage

10: après transpilage

15-12..: après 5-7... jours de séchage

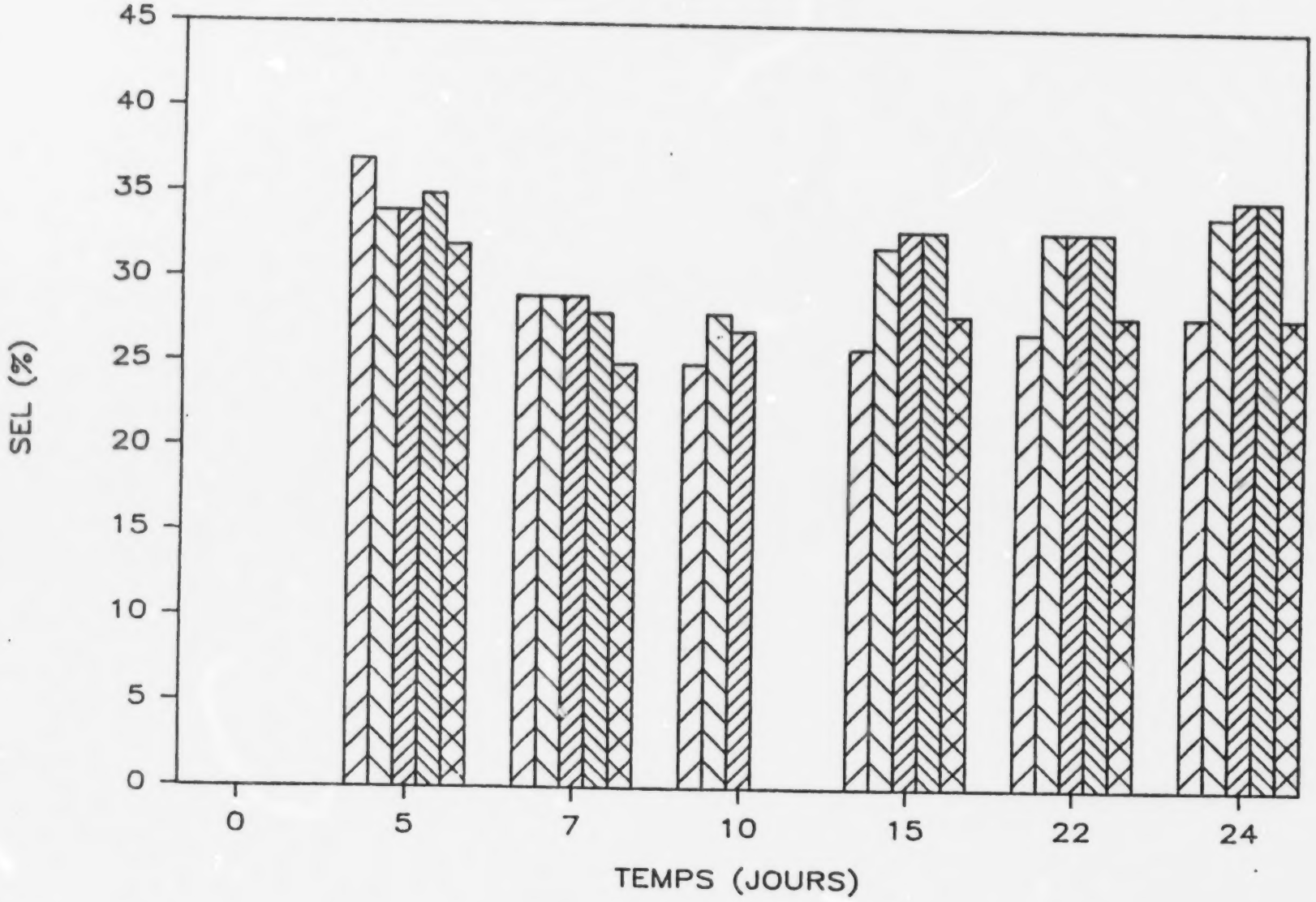

45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
SEL (%)
0
5
7
10
15
22
24
TEMPS (JOURS)

Figure 9: Mesure de la texture de la chair de morue en fonction du temps lors de la transformation en été selon le procédé traditionnel.

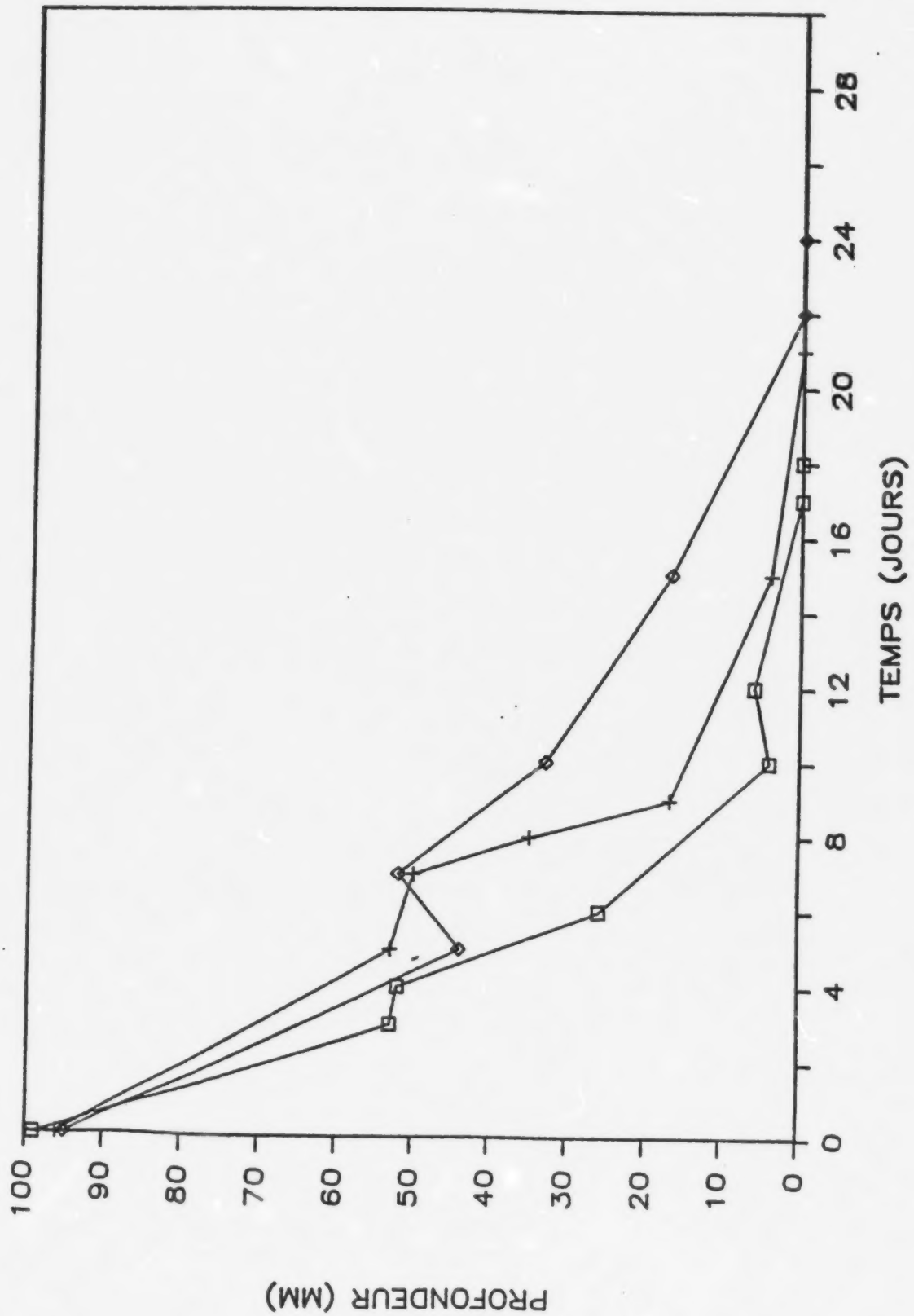
Légende:

petite

moyenne

grosse

0-4: référer aux Figures 1 à 3


PROFONDEUR (MM)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
4
8
12
16
20
24
28
TEMPS (JOURS)

5.1.4 Aw

La baisse de l'activité de l'eau telle qu'indiquée au Tableau 2, est une indication que la quantité d'eau disponible aux détériorations enzymatique et microbiologique diminue lors du procédé.

Ces résultats ne sont que partiels, car des problèmes techniques ont empêché l'analyse immédiate des échantillons qui ont, par conséquent, été entreposés à une température de 0 • C. pour une période variant de 1 à 3 mois. L'état de détérioration des échantillons lors de l'analyse est donné. Quant aux autres échantillons qui ne sont pas mentionnés (morue fraîche, après saumure, etc.), ils étaient trop détériorés pour en permettre l'analyse.

Considérant le retard lors de l'analyse qui n'a pu qu'augmenter la valeur du aw, on constate que le produit fini possède une aw assez basse. Beatty et Fougère (1958) rapportent que les bactéries responsables des détériorations du salé-séché ne puissent survivre à des aw < 0,75. L'état de détérioration peu avancé est donc attribuable à une aw relativement basse. Siaw et Yu (1978) ont constaté une aw de 0,75-0,86 pour le poisson salé-séché de Malaisie.

Tableau 2: Mesure du Aw lors de la fabrication du Gaspé Cured pour la production d'été selon le procédé traditionnel.

Catégorie	Etape (a)	Etat (b)	Activité de l'eau
Petite	Jour 10	B	.803
	Jour 12	B	.816
	Jour 17	B	.744
	Jour 18	B	.758
Moyenne	Jour 21	B	.809
	Jour 22	B	.753
Grosse	Jour 10	B	.849
	Jour 22	B	.77

(a) Référer aux figures

(b) Référer légende page suivante.

Légende: Évaluation organoleptique de l'état des échantillons lors de l'analyse.

B: bon état
aucune détérioration visible

D: léger changement de couleur en surface
légèrement visqueux en surface
chair ferme
chair intérieure de couleur légèrement jaunâtre

D+: changement de couleur en surface
chair ferme
chair intérieure de couleur légèrement jaunâtre

D++: changement de couleur prononcé (s.i.)
chair ferme

D+++: changement de couleur en surface
exsudat élevé (visqueux)
chair intérieure assez ferme
chair intérieure de couleur jaunâtre-blanchâtre

D++++: changement de couleur prononcé
visqueux
chair non ferme
chair intérieure colorée (rosée-jaunâtre)

5.1.5 Couleur

Les histogrammes de couleur (Fig. 10 à 12) indiquent que la proportion de vert augmente graduellement lors du procédé pendant que celle du bleu varie en sens contraire. On en conclut donc à l'apparition de la couleur jaune dans le produit. On remarque également que la proportion de rouge devient de plus en plus importante. Cependant, la couleur varie d'une catégorie à l'autre étant donné la variation des proportions de chaque facteur chromatique.

Le Tableau 3 reflète la variation de la luminance, c'est-à-dire l'intensité de la couleur. Même si celle-ci varie constamment, on remarque une baisse entre le début et la fin du procédé.

5.1.6 Microbiologie

L'interprétation des résultats microscopiques se complique par la différence des délais d'analyse occasionnés par les problèmes de livraison des échantillons. Lors de la production extérieure d'été (Tabl. 4) des délais allant jusqu'à quatre jours ont été enregistrés. Il convient donc d'éviter de parler de valeur absolue, mais plutôt de noter si, lors du procédé en question, il y a augmentation ou non des comptes.

Les catégories moyennes et grosses analysées possèdent des comptes initiaux pour les comptes totaux (10^4) et les bactéries halophiles (10^5) moins élevés que la petite; les premiers ayant été analysés après 2 jours comparativement à 3 jours pour la petite catégorie. L'inverse peut se produire pour les levures-moisissures ainsi que les coliformes. Après l'étape de saumurage, il y a baisse de chacun des comptes sauf chez les coliformes (aucune analyse pour la

Figure 10: Mesure de la chromaticité de la chair de morue, catégorie petite, en fonction du temps lors de la transformation en été selon le procédé traditionnel.

Légende:

rouge

vert

bleu

0: morue fraîche

3: après saumure

4: après pilage

6: après 2 jours de séchage

24: produit fini

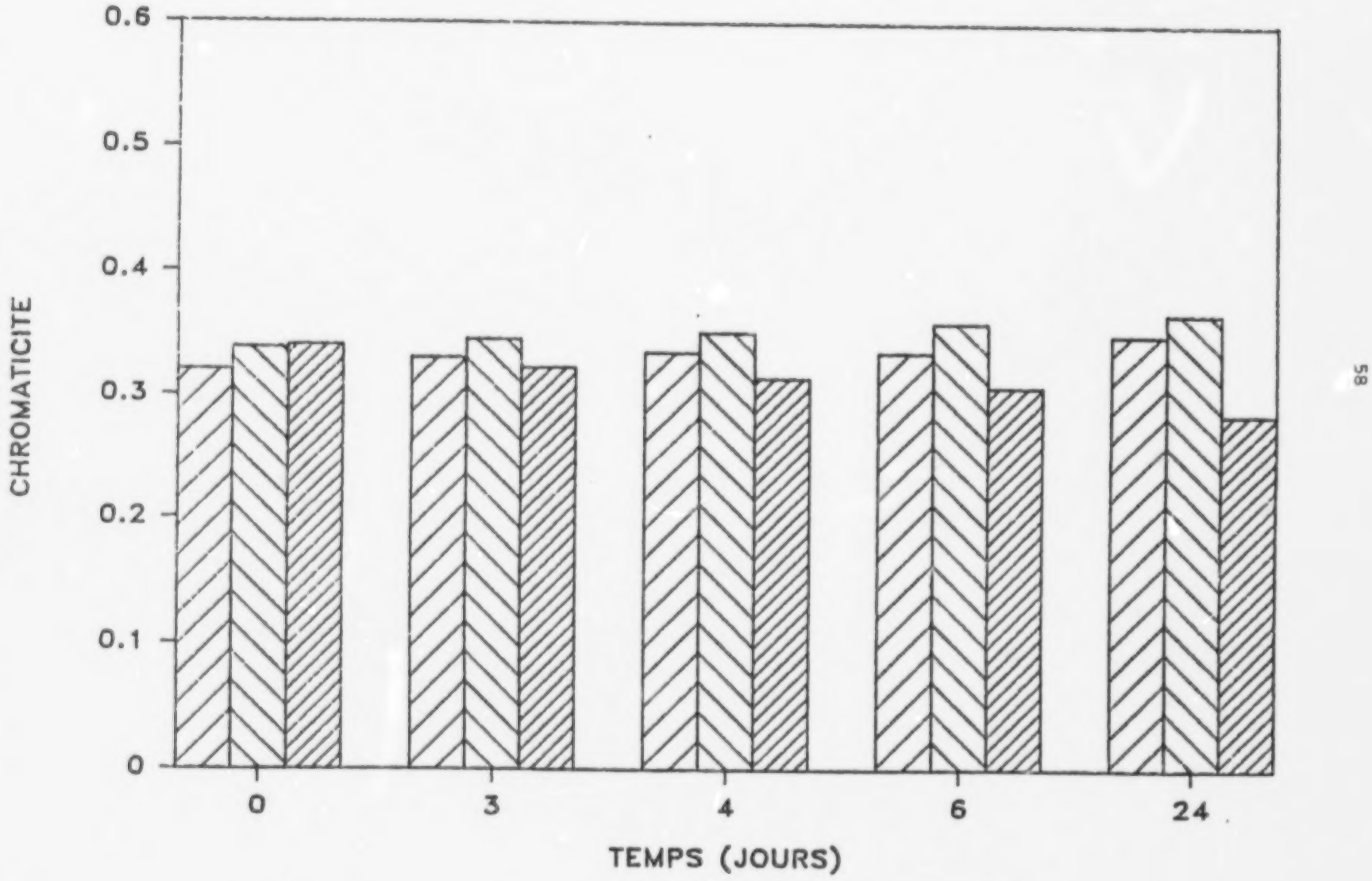

0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
CHROMATICITE
0
3
4
6
24
TEMPS (JOURS)

Figure 11: Mesure de la chromaticité de la chair de morue catégorie moyenne, en fonction du temps lors de la transformation en été selon le procédé traditionnel.

Légende:

rouge

vert

bleu

0: morue fraîche

5: après pilage

7: après transpilage

8-9...: 1-2... jours de séchage

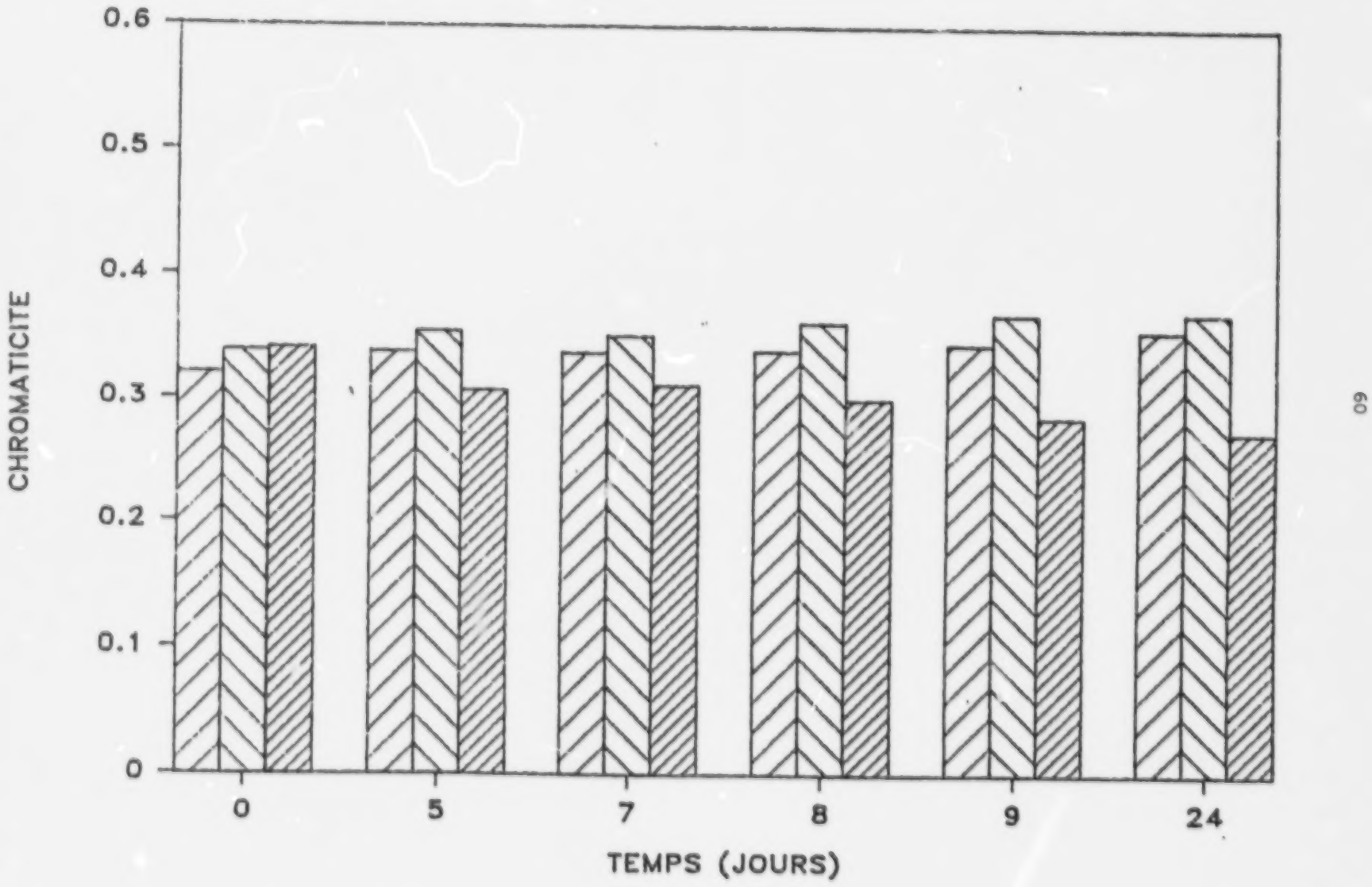

0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
CHROMATICITE
0
5
7
8
9
24
TEMPS (JOURS)

Figure 12: Mesure de la chromaticité de la chair de morue, catégorie grosse, en fonction du temps lors de la transformation en été selon le procédé traditionnel.

Légende:

rouge

vert

bleu

0: morue fraîche

5: après saumure

7: après pilage

10: après transpilage

24: produit fini (14 jours de séchage)

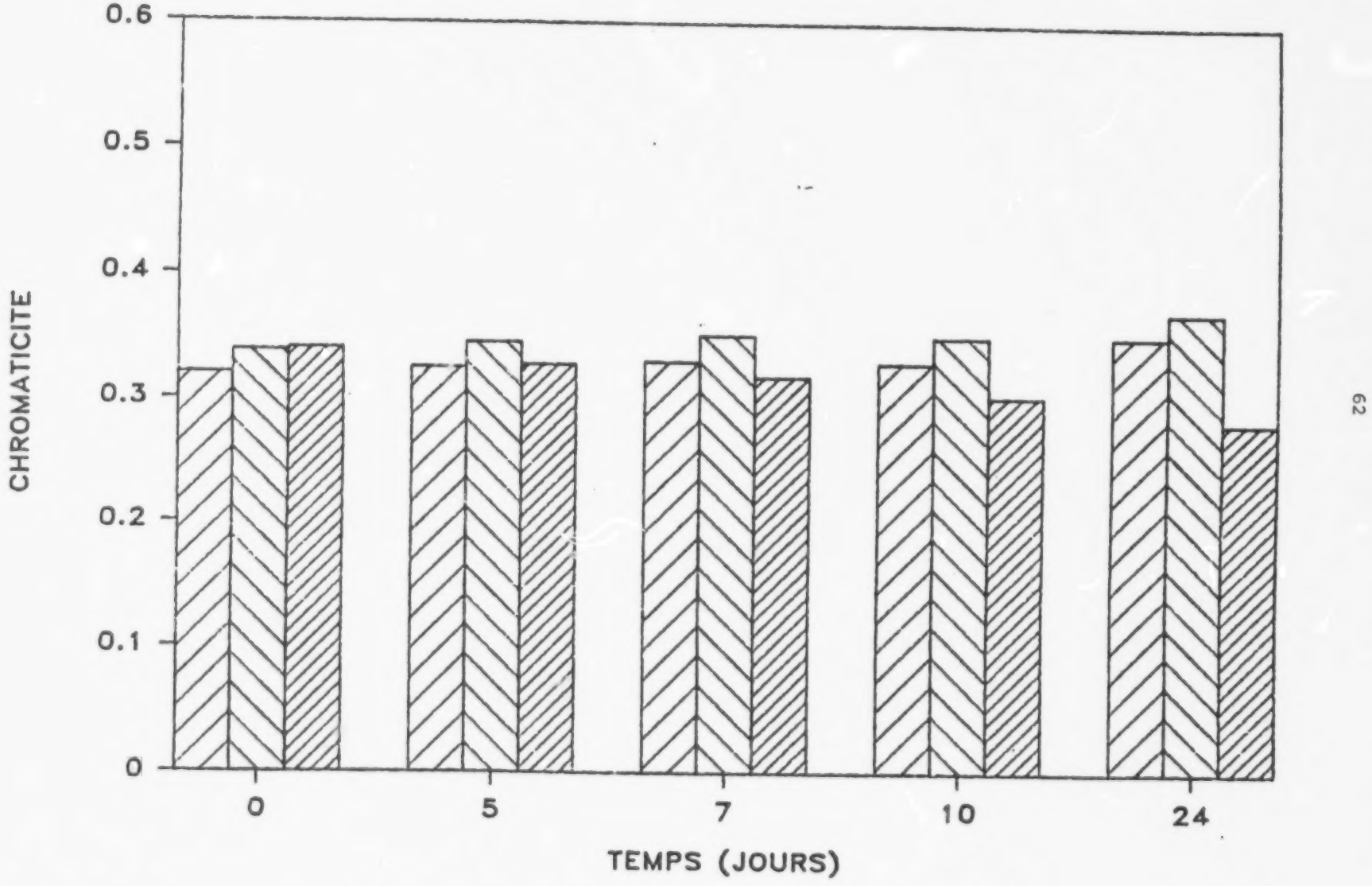

0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
CHROMATICITE
0
5
7
10
24
TEMPS (JOURS)

Tableau 3: Variation de la luminance lors de la fabrication du Gaspé Curéd selon le procédé traditionnel pour la saison d'été.

Catégorie	Temps* (jours)	Luminance (S.U.)
Petite	0	31,61
	3	22,55
	4	22,83
	6	24,00
	24	18,61
Moyenne	5	23,22
	7	24,99
	8	23,95
	9	22,00
	24	20,68
Grosse	5	26,26
	7	27,32
	10	27,20
	24	20,92

* référer aux Figures 1 à 3.

Tableau 4: Evolution des comptes microbiologiques lors de la fabrication du Gaspé Cured selon le procédé traditionnel pour la saison d'été.

Catégorie	Etape	Age (j)	PCA bactéries/cm^2	TSA halophiles/cm^2	PDA levures-moisissures/cm^2	VRBA coliformes/cm^2
Petite	Jour 0	3	396667	453783	-	-(*)
	Jour 3	1 & 2	70708	513467	-	445
	Jour 4	2	13067	150333	-	206
	Jour 6	4	789567	482050	-	-
	Jour 10	1	983	883	-	-
	Jour 12	3	50	50	-	-
	Jour 17	2	361750	454950	-	-
	Jour 18	1	2117	1850	-	22
Moyenne	Jour 0	2	4375	10792	1667	61
	Jour 5	3-4	13483	517550	-	633
	Jour 7	1-2	433	333	-	33
	Jour 8	2	3967	7008	-	17
	Jour 9	1	183	133	-	22
	Jour 21	2	6592	9700	-	-
	Jour 22	2	1050	1167	-	6
Grosse	Jour 0	2	5900	11975	1667	45
	Jour 5	3-4	2100	3450	-	33
	Jour 7	1 & 2	15125	41950	-	1133
	Jour 10	4	65000	3613	-	-
	Jour 22	2	28242	14242	-	17
	Jour 24	4	8042	8142	-	-

moyenne). Ceci peut s'expliquer par les manipulations humaines qu'il y a à ce niveau.

Après le transpilage, il se produit une augmentation de toutes les populations (sauf levures-moisissures) chez la grosse, alors qu'il y a plutôt stagnation chez la petite. Il semble y avoir beaucoup de variation lors du séchage, mais la dernière phase de celui-ci provoque une baisse des comptes pour les bactéries halophiles et les comptes totaux. La réapparition de coliformes pourrait faire suite à une recontamination humaine après manipulation.

5.2 Séchage mécanique (Fig. 2b)

5.2.1 Eau

Les graphiques 13 à 15 founissent une indication de l'allure du séchage de la morue issue du transpilage et placée au séchoir (sans séchage à l'extérieur). Il faut noter que, lors du séchage, le profil décrit plus tôt demeure inchangé. Toutefois, l'écart entre la première couche et les autres s'accentue au fur et à mesure que le séchage avance. On peut donc en déduire que, tout comme le séchage extérieur, l'évaporation s'effectue plus rapidement que la diffusion de l'eau dans le tissu.

Il faut noter qu'après 15 et 16 h de séchage, la teneur en eau n'a diminué que de 8 à 10 unités de pourcentage, ce qui explique le problème de graissage de cette production comme le mentionnent Peters et Newton (1980). L'étude d'évaluation de performance (section 11) du système indique que sur le chariot 3, dans la section où le poisson était séché, la vitesse de l'air

Figure 13: Évolution de la teneur en eau dans la chair de morue, catégorie petite, subdivisée en couches, lors du séchage au séchoir mécanique, après l'étape d'empilage, durant la saison d'été.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

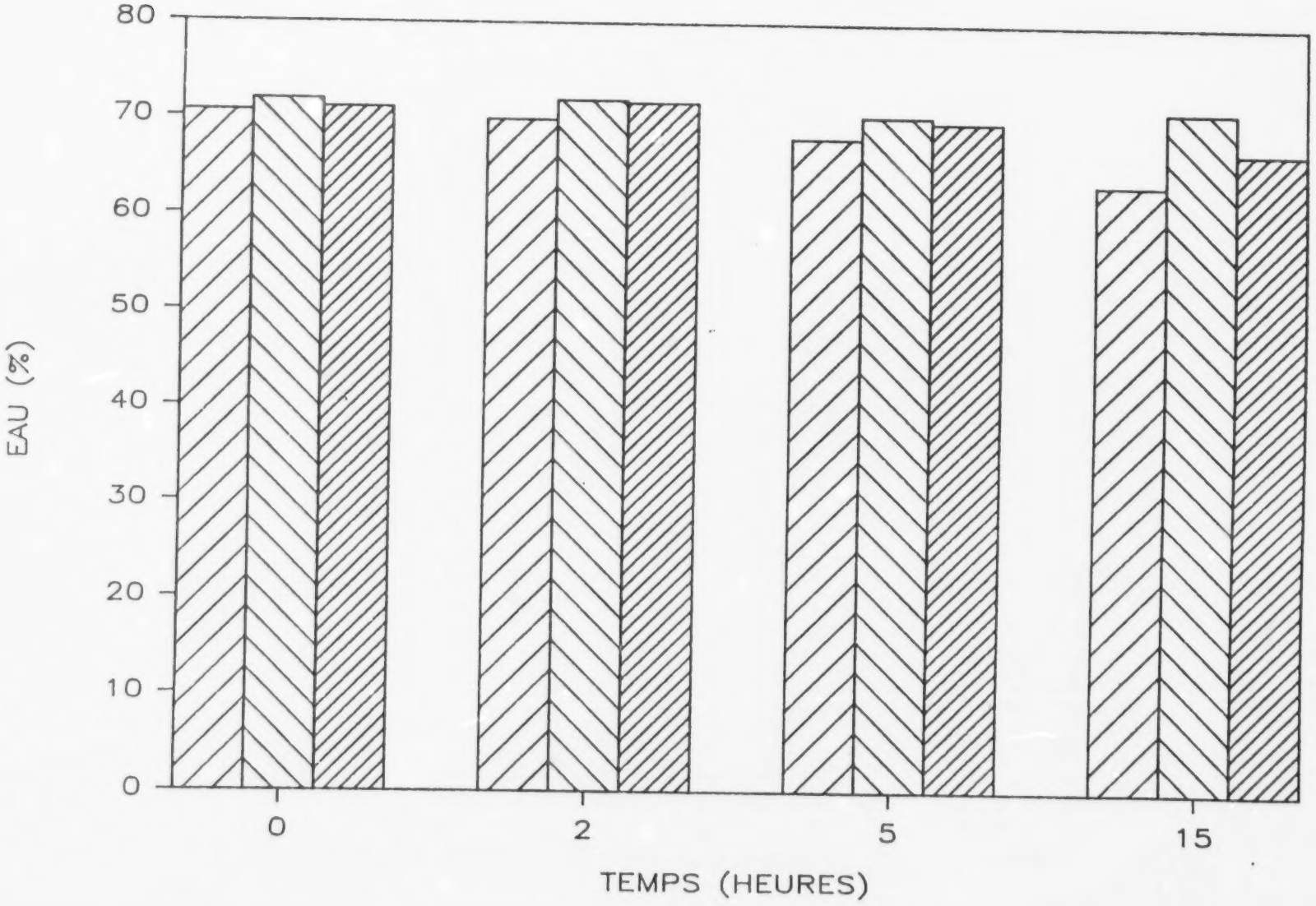

80
70
60
50
40
30
20
10
0
EAU (%)
0
2
5
15
TEMPS (HEURES)

Figure 14: Évolution de la teneur en eau dans la chair de morue, catégorie moyenne, subdivisée en couches, lors du séchage au séchoir mécanique, après l'étape d'empilage, durant la saison d'été.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

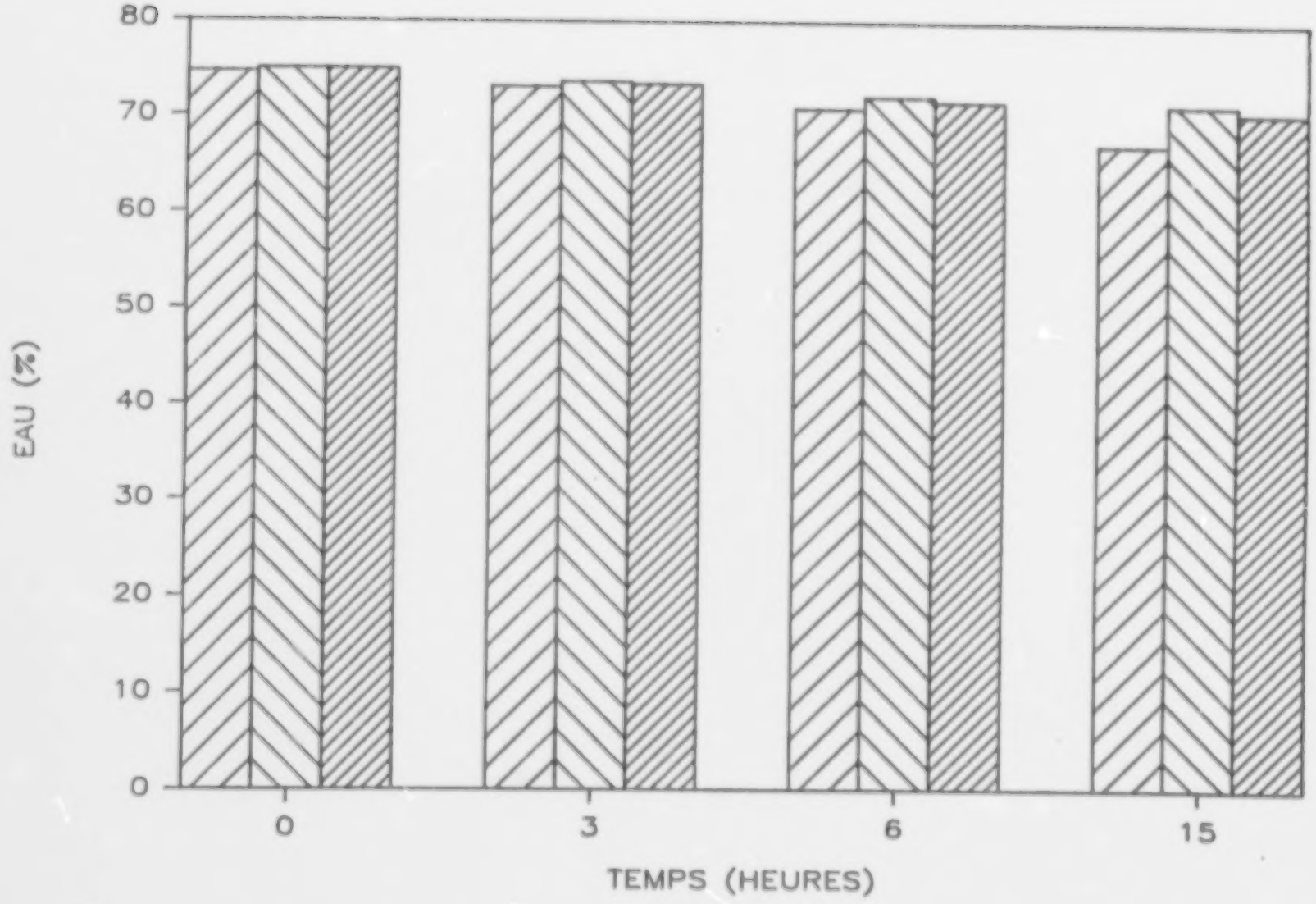

80
70
60
50
40
30
20
10
0
EAU (%)
0
3
6
15
TEMPS (HEURES)

Figure 15: Évolution de la teneur en eau dans la chair de morue, catégorie grosse, subdivisée en couches, lors du séchage au séchoir mécanique, après l'étape d'empilage, durant la saison d'été.

Légende:

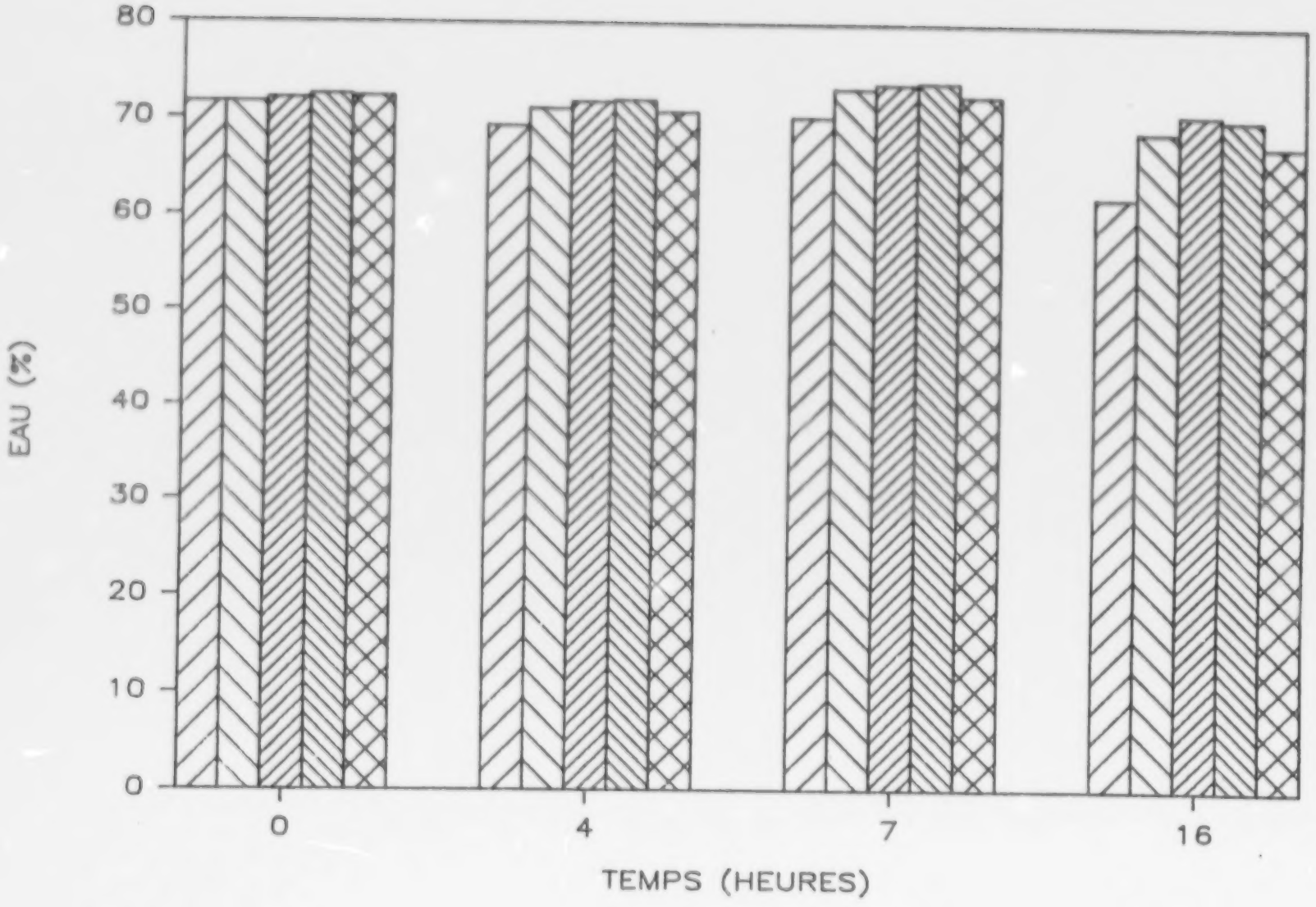
couche 1

couche 2

couche 3

couche 4

couche 5


80
70
60
50
40
30
20
10
0
EAU (%)
0
4
7
16
TEMPS (HEURES)

variait de 200 à 600 pieds/min. L'humidité relative était variable et trop élevée à un certain moment. La remontée à la septième heure de la grosse morue pourrait être causée par une augmentation soudaine de l'humidité de l'air et par l'hydrolyse rapide du tissu par les bactéries halophiles, favorisant ainsi la rehydratation au produit.

5.2.2 Sel

Les résultats obtenus (Graphiques 16 à 18) diffèrent quelque peu de ceux rencontrés jusqu'ici. La différenciation entre les couches se fait de façon moins nette, particulièrement pour les catégories moyenne et grosse. Pour les morues de catégorie moyenne, la teneur initiale de chaque couche est la même. Au fur et à mesure que le séchage se déroule, la concentration en sel diminue. Chez la petite morue, on assiste à une légère remontée vers la fin du séchage. Pour la grosse morue, les résultats indiquent une teneur initiale pour la couche 1 inférieure aux autres, mais augmente plus tard pour obtenir des concentrations pratiquement égales après 4 h. Pour le produit final, la couche 1 demeure la moins concentrée, suivie de la couche près de la peau, puis du centre du poisson. La haute teneur en sel sur base sèche (25 à 30%) ne fut pas suffisante pour empêcher le graissage. Ce phénomène a pu être mis en évidence par la microscopie électronique (Fig. 57) qui témoigne de l'état résultant de la rapidité de la prolifération bactérienne.

5.2.3 Texture

Lors de la production estivale à l'aide du séchoir mécanique (Fig. 19), les courbes se comportent de la même façon que la teneur en eau pour toutes les couches, sauf pour celle du centre de la catégorie petite. En comparant ces

Figure 16: Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie petite, subdivisée en couches, lors du séchage au séchoir mécanique, après l'étape d'empilage, durant la saison d'été.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

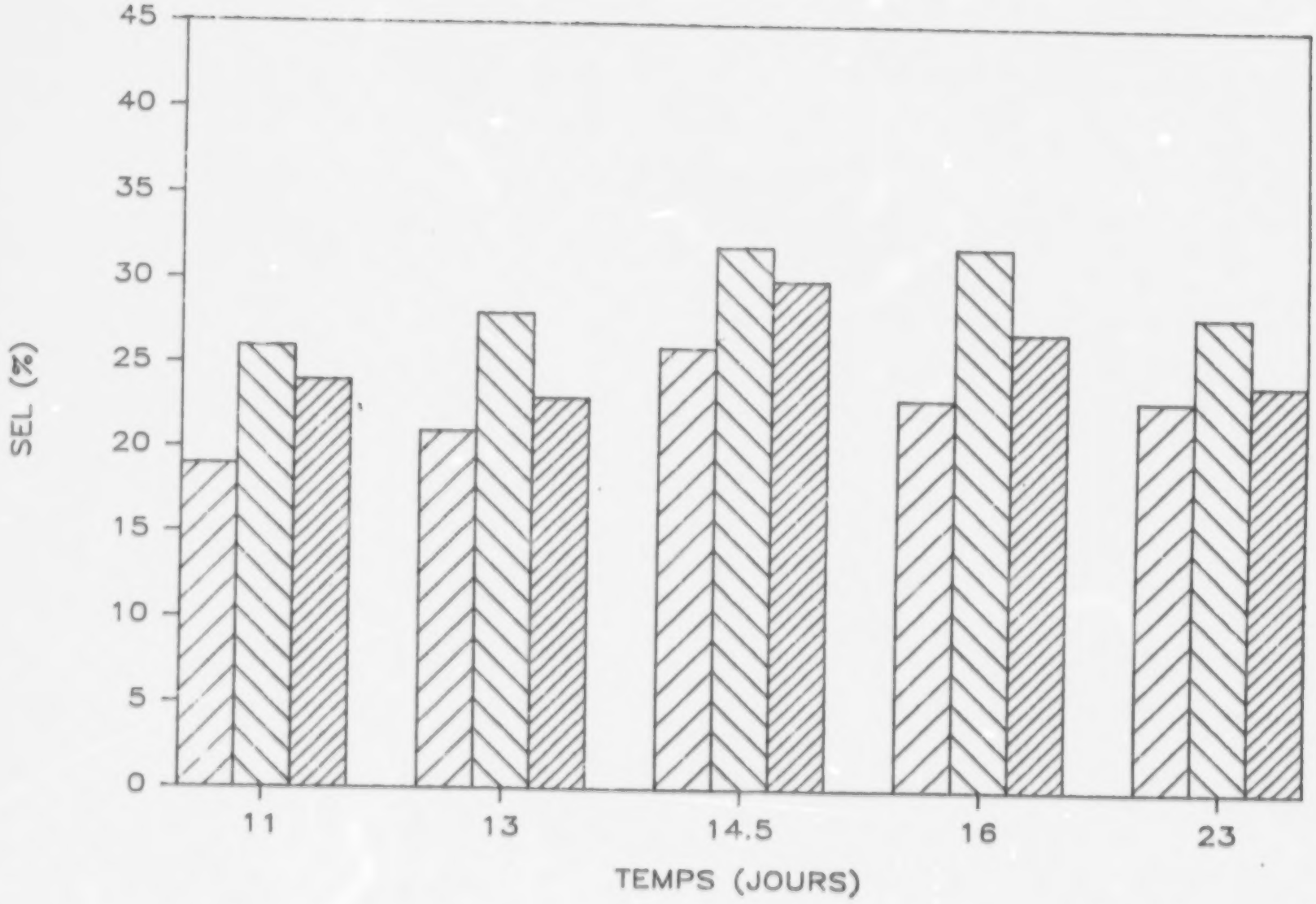

45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
SEL (%)
11
13
14.5
16
23
TEMPS (JOURS)

Figure 17: Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie moyenne, subdivisée en couches, lors du séchage au séchoir mécanique, après l'étape d'empilage, durant la saison d'été.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

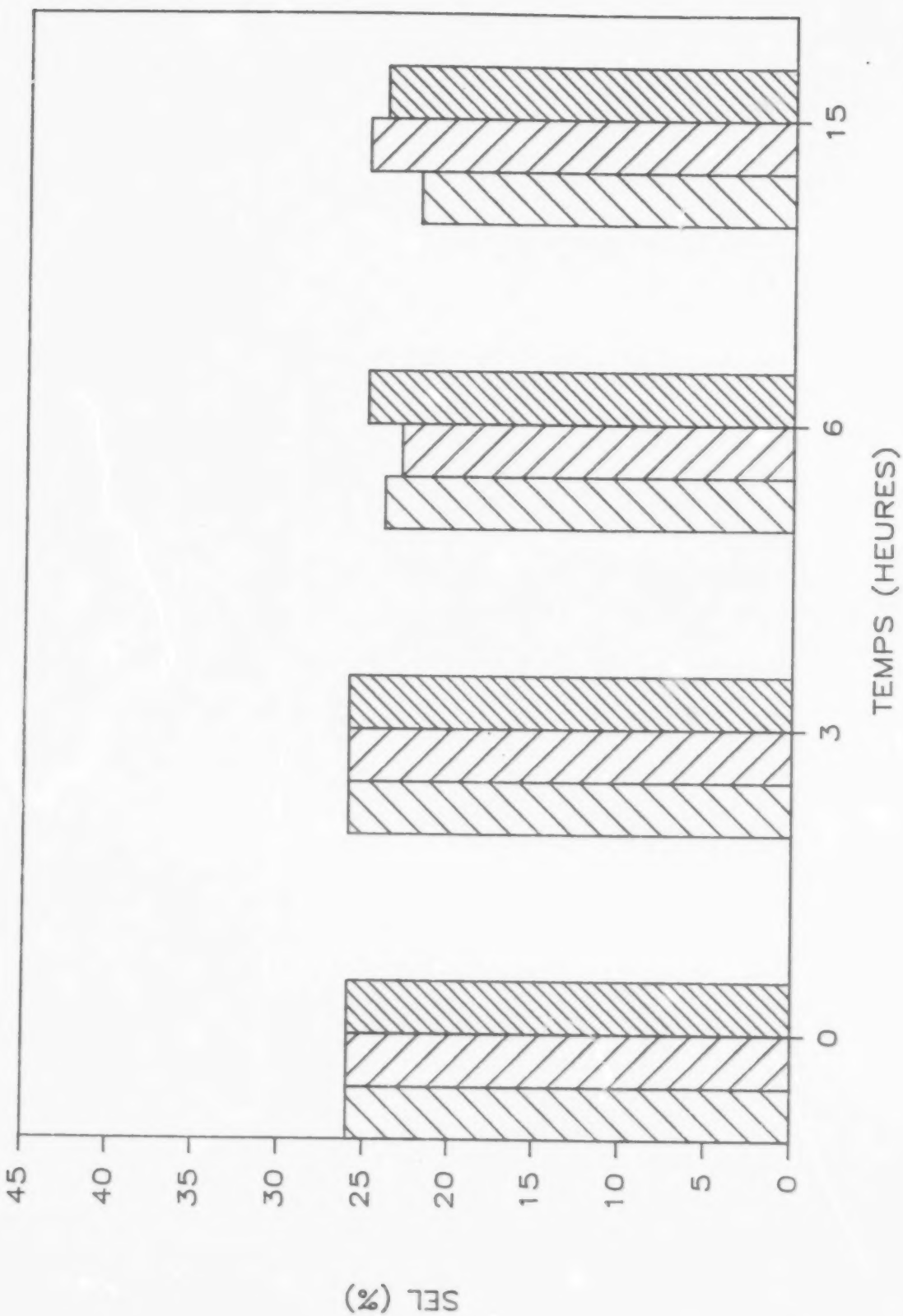

SEL (%)
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
0
3
6
15
TEMPS (HEURES)

Figure 18: Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie grosse, subdivisée en couches, lors du séchage au séchoir mécanique, après l'étape d'empilage, durant la saison d'été.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

couche 4

couche 5

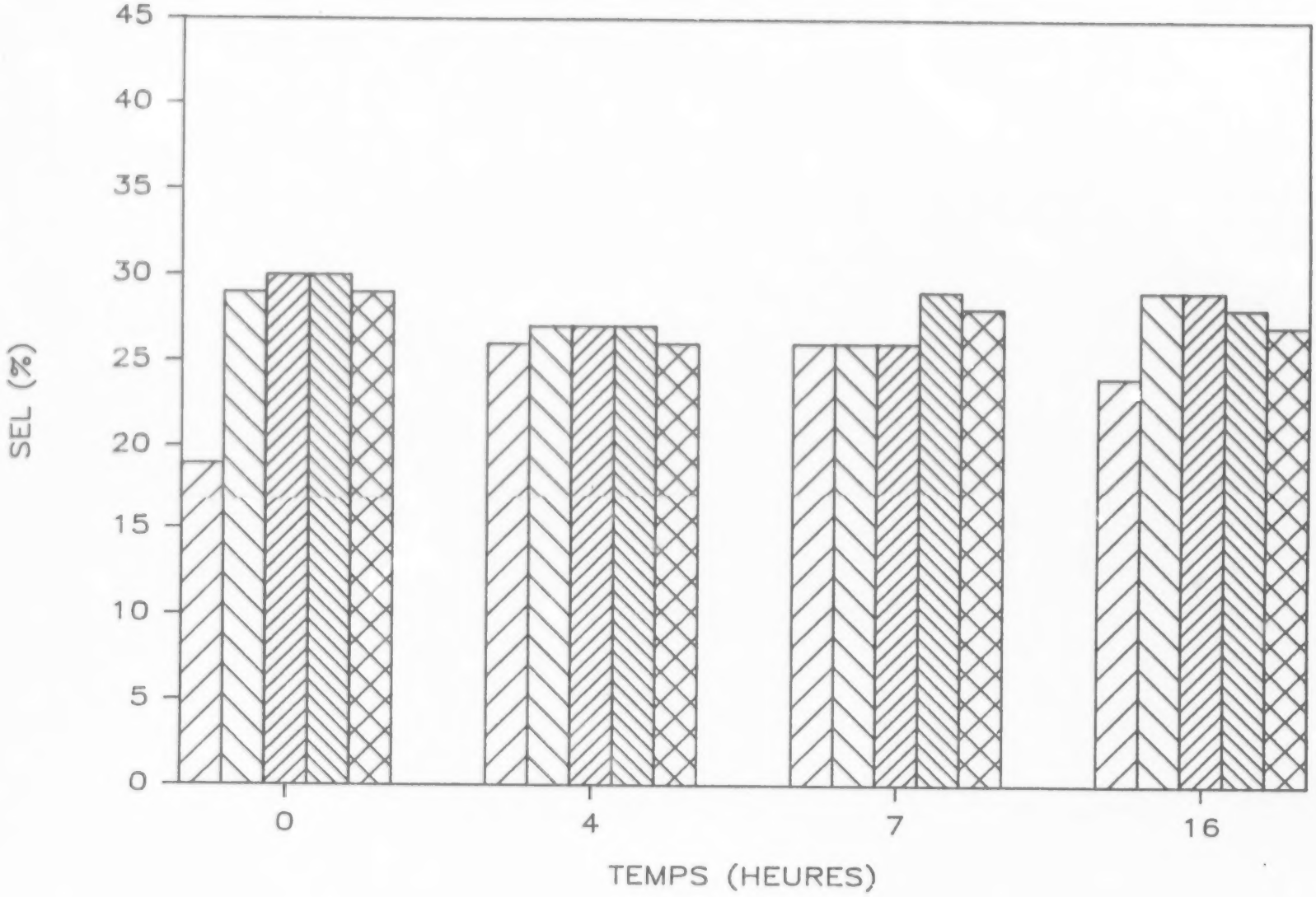

45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
SEL (%)
0
4
7
16
TEMPS (HEURES)

Figure 19: Mesure de la texture de la chair de morue, en fonction du temps, lors du séchage au séchoir mécanique, après l'étape d'empilage, durant la saison d'été.

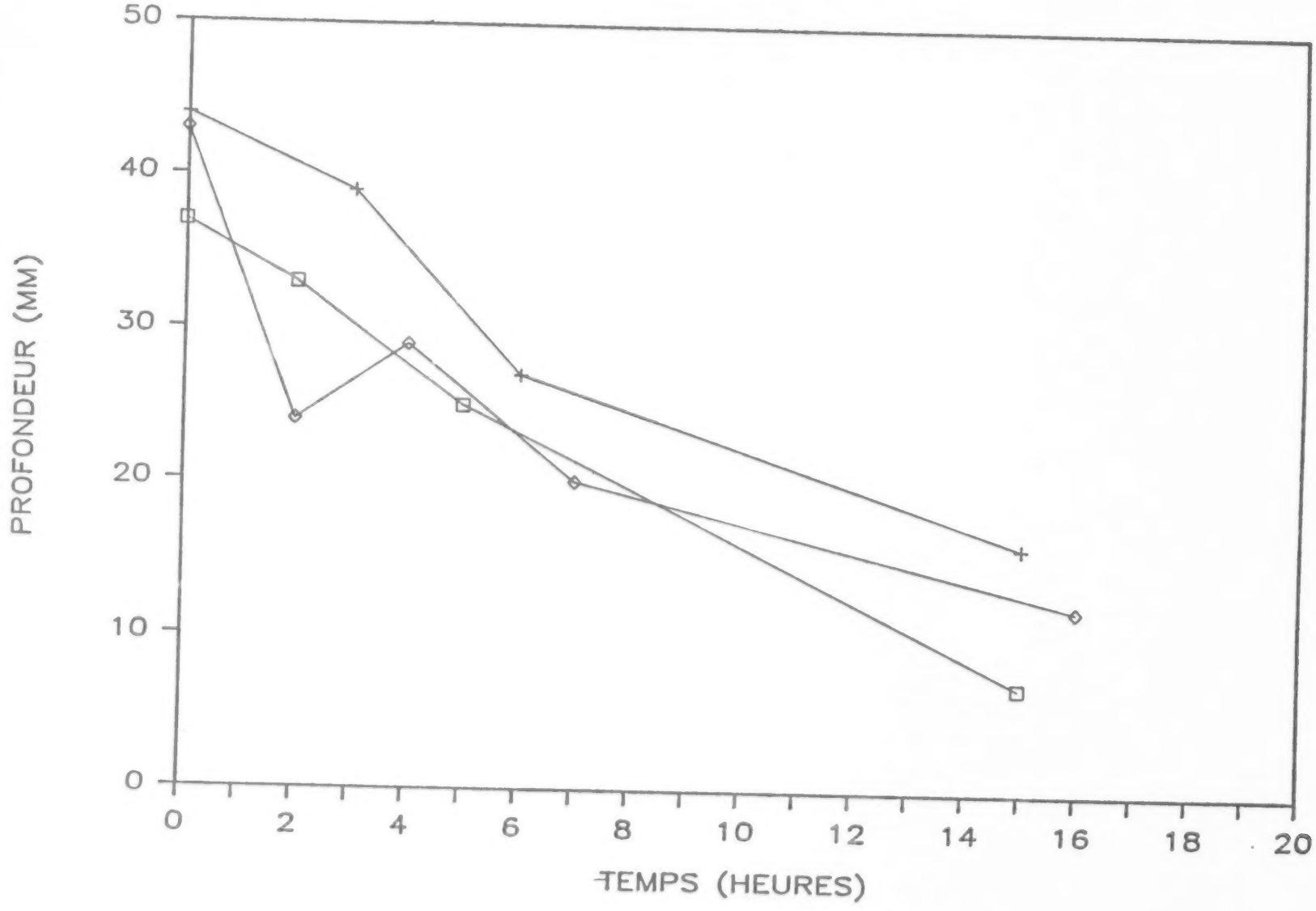
Légende:

petite

moyenne

grosse

0-2...: référer aux Figures 14 à 16


50
40
30
20
10
0
PROFONDEUR (MM)
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
TEMPS (HEURES)

résultats avec ceux du procédé traditionnel, on constate que l'utilisation du séchoir mécanique ne permet pas au poisson de durcir suffisamment afin d'atteindre le point zéro comme lors du séchage extérieur. Les teneurs en eau des catégories correspondantes sont supérieures à 60%, alors que le point zéro était atteint à environ 52% lors de la production extérieure.

5.2.4 Aw

La relation existant entre l'état de détérioration et l'aw (Tabl. 5) est encore une fois démontrée. Les échantillons avec une aw inférieure à 0,820 se sont tous conservés en bon état. La valeur critique semble se situer autour de 0,840. L'activité des bactéries halophiles aurait été suffisamment ralentie pour en permettre une bonne conservation durant la période d'entreposage indiquée.

5.2.5 Microbiologie

Les résultats publiés au Tableau 6 prouvent encore une fois que le séchoir utilisé ne suffisait pas à la tâche. Non seulement n'y avait-il pas de baisse au niveau des comptes, mais ces derniers atteignent des valeurs aussi élevées que 10^7 individus/cm^2 (sur PCA et TSA). Les coliformes sont également très nombreux (jusqu'à 10^5). La baisse notée du nombre de coliformes à la fin du procédé risque davantage d'être causée par des décès à la suite d'une surpopulation plutôt qu'au séchage.

Tableau 5: Mesure du Aw lors de la fabrication du Gaspé Cured pour la production d'été selon le procédé incluant un séchage mécanique.

Catégorie	Etape (a)	Etat (b)	Activité de l'eau
Petite	Jour 6	D+	.874
	Jour 10	B	.803
	Jour 11 T=0	B	.818
	Jour 11 T=4	D++	.868
	Jour 11 T=7	B	.749
	Jour 18	B	.779
Moyenne	Jour 10	D+	.889
	Jour 15 T=0	B	.767
	Jour 15 T=5	B	.785
	Jour 15 T=8	B	.792
	Jour 15 T=11	B	.753
	Jour 22	B	.745
Grosse	Jour 10	B	.899
	Jour 15 T=0	D+	.864
	Jour 15 T=3	D	.893
	Jour 15 T=6	B	.837
	Jour 15 T=9	D+	.837
	Jour 16	D+	.867
	Jour 30	B	.751

(a) Référer aux figures

(b) Référer légende tableau 2

Tableau 6: Evolution des comptes microbiologiques lors de la fabrication du Gaspé Cured selon le procédé incluant un séchage pour la saison d'été.

Catégorie	Etape	Age (j)	PCA bactéries/cm^2	TSA halophiles/cm^2	PDA levures-moisissures/cm^2	VRBA coliformes/cm^2
Petite	Jour 13	5	3783	9267	-	407
	Jour 14 T=2	4-4-5	116133	20192	-	367
	Jour 14 T=5	4-4-5	8133	47525	-	889
	Jour 15 T=15	4	10450	11238	-	84
Moyenne	Jour 18 T=0	4-4-5	1318333	2983333	-	9167
	Jour 18 T=3	4-4-5	121667	758333	-	5856
	Jour 18 T=6	4-4-5	861667	1898333	-	>10000
	Jour 19 T=15	4	520308	1158333	-	6133
Grosse	Jour 10 T=0	4-5	37575	12500	-	-
	Jour 10 T=2	4-5	69017	62000	-	17
	Jour 18 T=0	4-4-5	397575	870958	-	3756
	Jour 18 T=4	4	1423333	1798333	-	2889
	Jour 18 T=7	4-4-5	1170000	1716667	-	2112
	Jour 19 T=16	4	18125	58458	-	106

5.3 Séchage combiné (Fig. 2c)

5.3.1 Eau

Selon les graphiques 20 à 22, il est permis de croire que les conditions de séchage varient d'une catégorie à l'autre. En effet, on note une augmentation de la teneur en humidité après 3 h pour la grosse, alors que pour les deux autres catégories, la teneur en eau diminue. La teneur de la moyenne augmente après 8 h, mais celle des deux autres diminue. L'étude de performance (Section 11) indique qu'à l'intérieur d'un même chariot, les conditions de vitesse du vent varient beaucoup. Lors du séchage, les producteurs ont procédé à un réaménagement des chariots, ce qui a provoqué un changement dans les conditions de séchage.

Pour les catégories petite et moyenne, l'écart entre la couche 1 et les autres augmente durant le séchage. Une douzaine d'heures de séchage n'a permis de diminuer la teneur en eau que de 4,9 (petite) à 7,7 (grosse) unités de pourcentage pour la première couche. Sur les recommandations du fabricant, les trois catégories ont été retournées à l'extérieur afin de compléter le séchage. Six à sept jours ont été nécessaires pour compléter le séchage. Considérant que le séchoir est sensé permettre une évaporation plus rapide, on peut douter de la capacité de celui-ci. Les graphiques pour la petite et la moyenne indiquent qu'une certaine réhumidification s'effectue. Le séchage extérieur a permis d'abaisser la teneur du produit fini à 45,1, 46,1 et 48,0 respectivement pour les catégories petite, moyenne et grosse (première couche). On remarque également que l'écart entre la surface du produit (couche 1) et le centre est de 5,2 (petite) à 9,4 (moyenne).

Figure 20: Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, catégorie petite, subdivisée en couches, lors du séchage au séchoir mécanique, après 7 jours de séchage à l'extérieur, durant la saison d'été.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

23: après 7 jours additionnels de séchage à l'extérieur

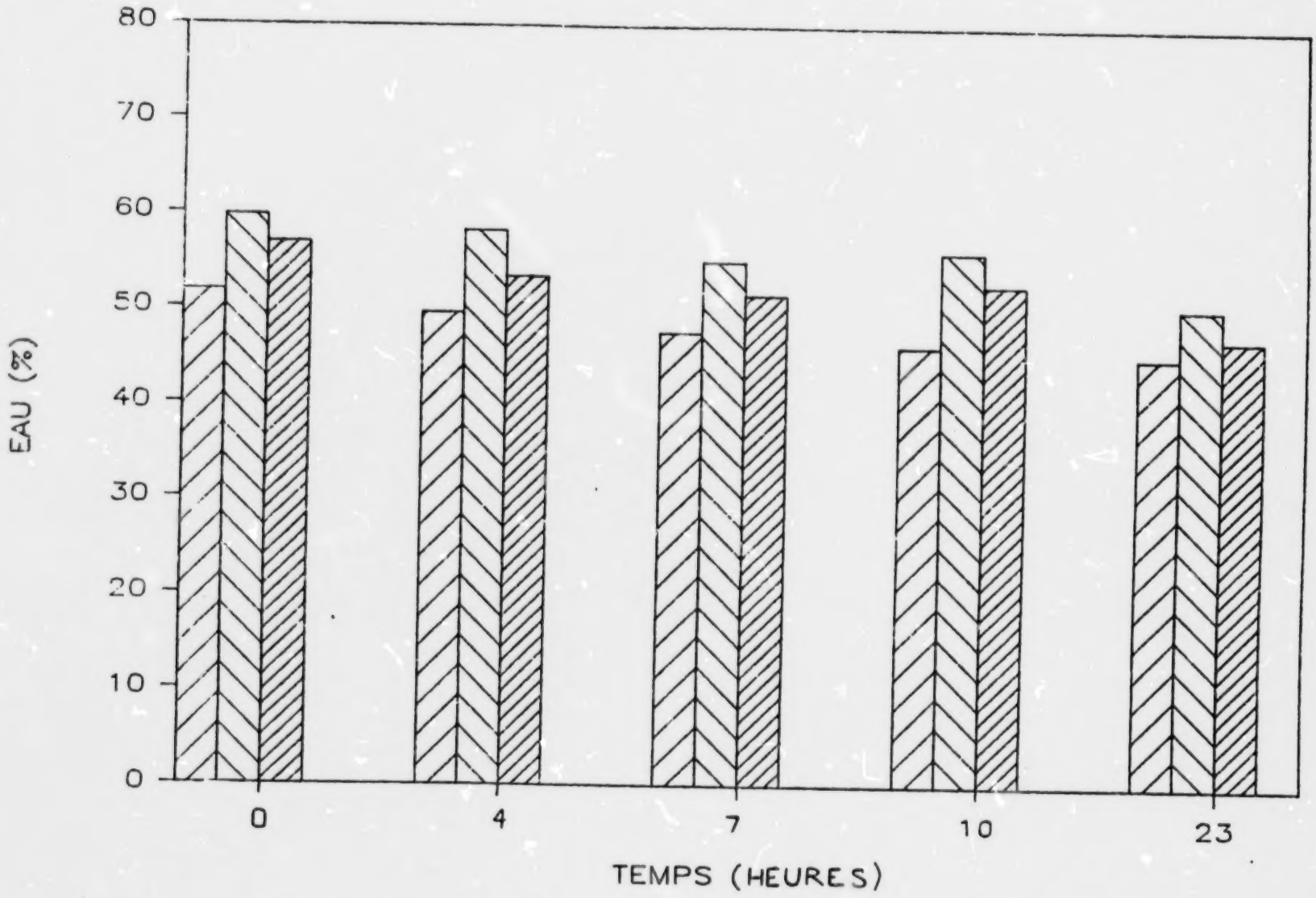

80
70
60
50
40
30
20
10
0
EAU (%)
0
4
7
10
23
TEMPS (HEURES)

Figure 21: Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, catégorie moyenne, subdivisée en couches, lors du séchage mécanique, après 8 jours de séchage à l'extérieur, durant la saison d'été.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

27: après 7 jours additionnels de séchage à l'extérieur

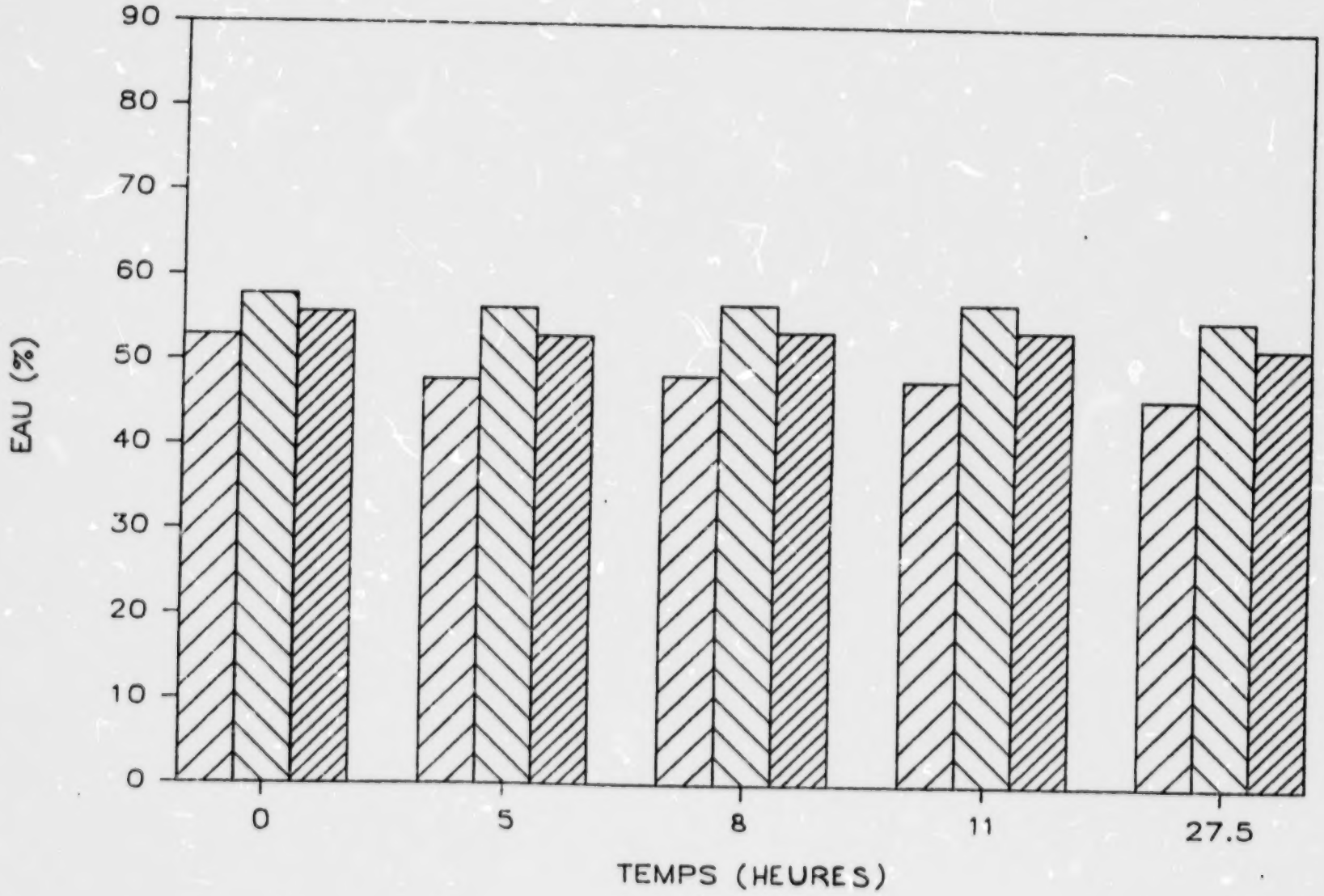

90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
EAU (%)
0
5
8
11
27.5
TEMPS (HEURES)

Figure 22: Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, catégorie grosse, subdivisée en couches, lors du séchage mécanique, après 5 jours de séchage à l'extérieur, durant la saison d'été.

Légende:

couche 1

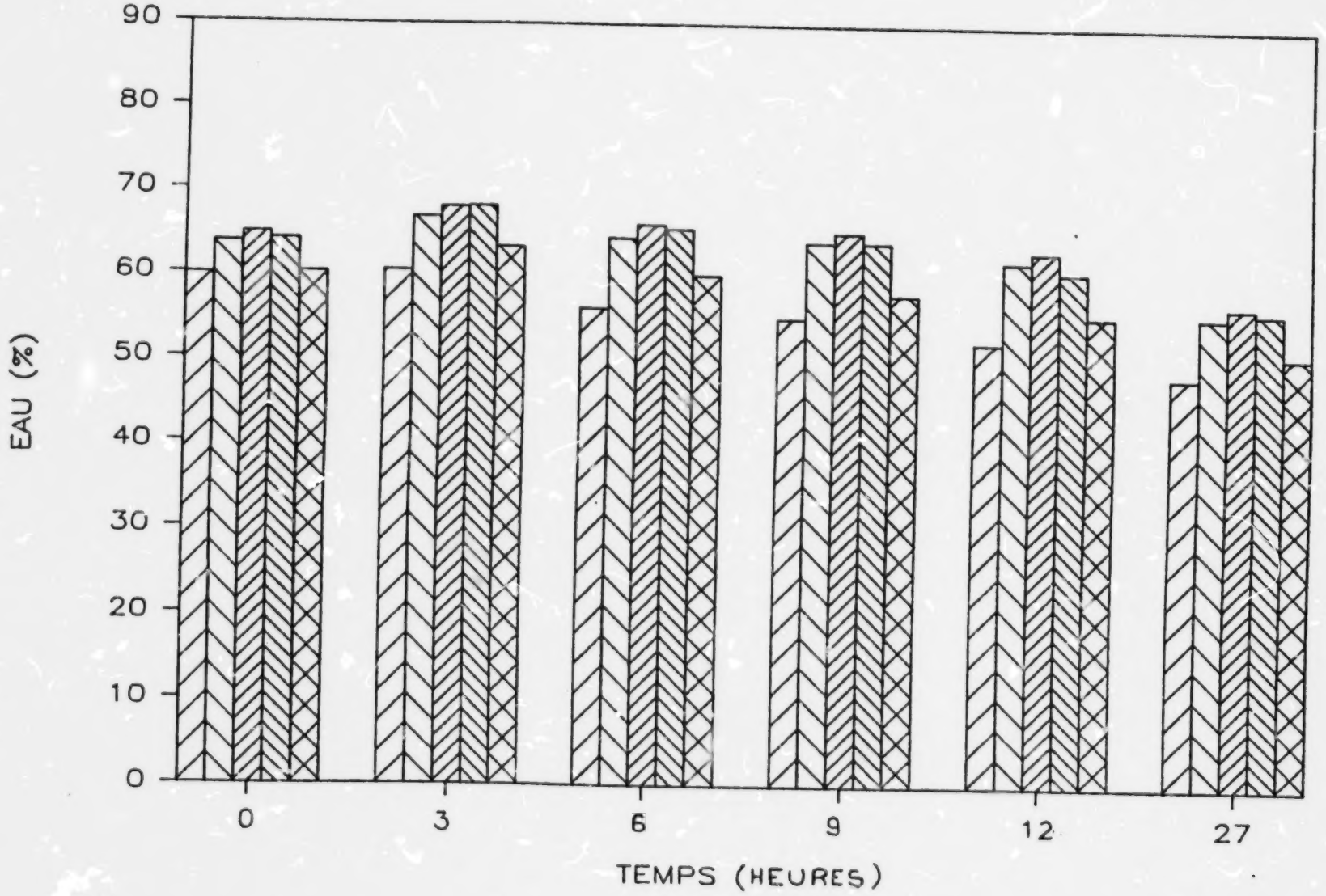
couche 2

couche 3

couche 4

couche 5

27: 6 jours additionnels de séchage à l'extérieur


90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
EAU (%)
0
3
6
9
12
27
TEMPS (HEURES)

5.3.2 Sel

Les teneurs en sel de la morue moyenne et grosse (Fig. 23 à 25) diminuent respectivement après 5 et 6 heures. Par la suite, une augmentation survient. La teneur pour la grosse signale alors une nouvelle diminution, mais cette fois moins importante que la première; 3 à 5 unités dans le premier cas comparativement de 1 à 2 unités de pourcentage pour la deuxième baisse. Quant à la petite morue, on note une augmentation pour les sept premières heures, puis une diminution de 0 à 3 unités (Fig. 23).

Lors du deuxième séjour à l'extérieur, la première couche de chaque morue connaît une augmentation de sa concentration en sel, alors que les autres couches (petite et moyenne) subissent une diminution, ce qui diffère de la grosse où la teneur de la surface de la chair (couche 1) et la couche près de la peau tendent à se rapprocher pour le produit fini comme dans le cas du procédé traditionnel.

5.3.3 Texture

Le durcissement de la morue (Fig. 26) ne diffère pas des particularités relevées jusqu'ici; il coïncide bien avec les teneurs en eau des productions correspondantes (première couche). Le point zéro est atteint à une concentration en eau voisine de 51% pour la petite et la moyenne, comparativement à environ 55% pour la grosse, à l'instar des résultats obtenus avec le procédé traditionnel (1.1).

Figure 23: Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie petite, subdivisée en couches, lors du séchage mécanique, après 7 jours de séchage extérieur, durant la saison d'été.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

23: après 7 jours additionnels de séchage à l'extérieur

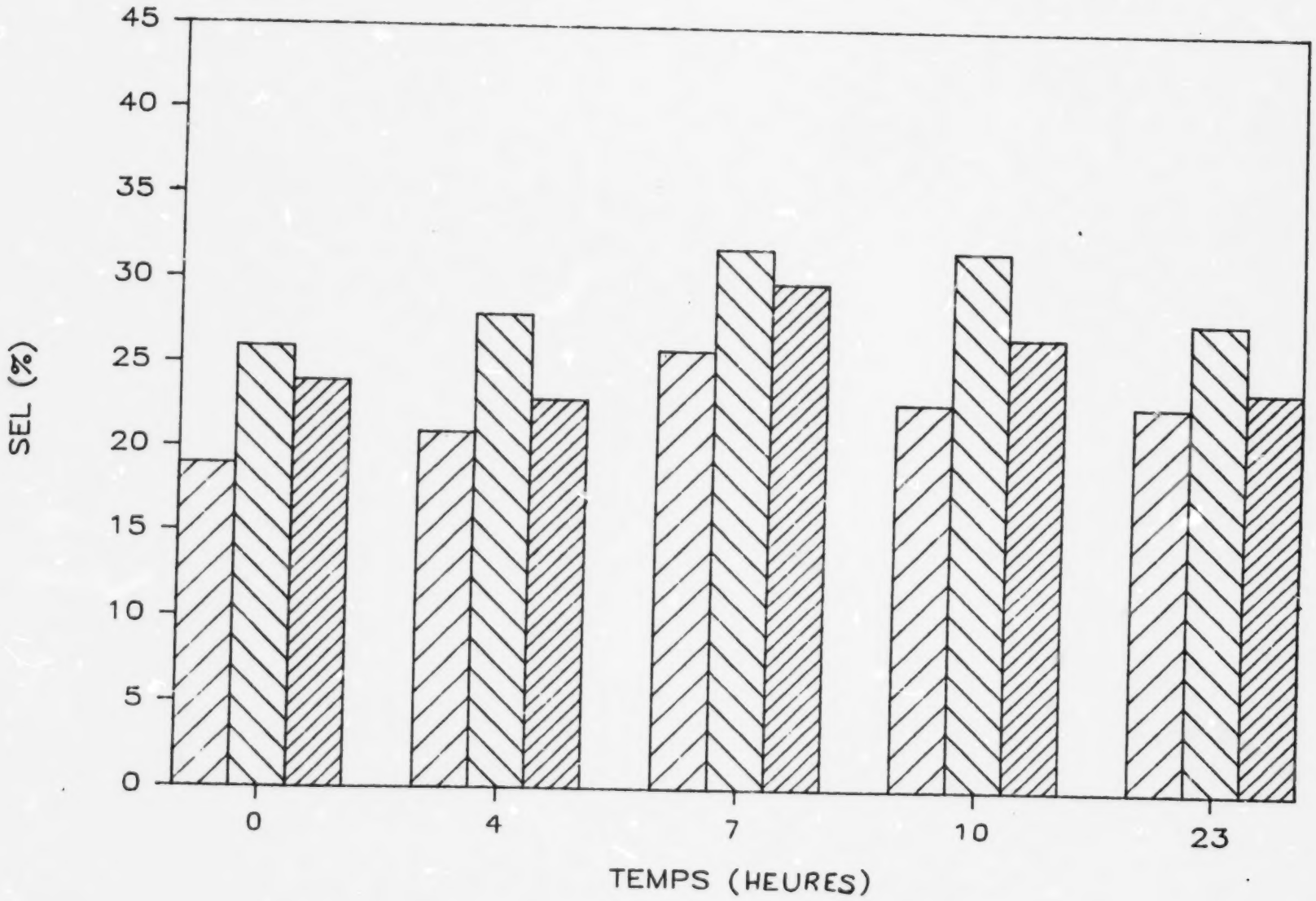

45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
SEL (%)
0
4
7
10
23
TEMPS (HEURES)

Figure 24: Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie moyenne, subdivisée en couches, lors du séchage mécanique, après 8 jours de séchage à l'extérieur, durant la saison d'été.

Légende:

Couche 1

Couche 2

Couche 3

27: après 7 jours additionnels de séchage à l'extérieur

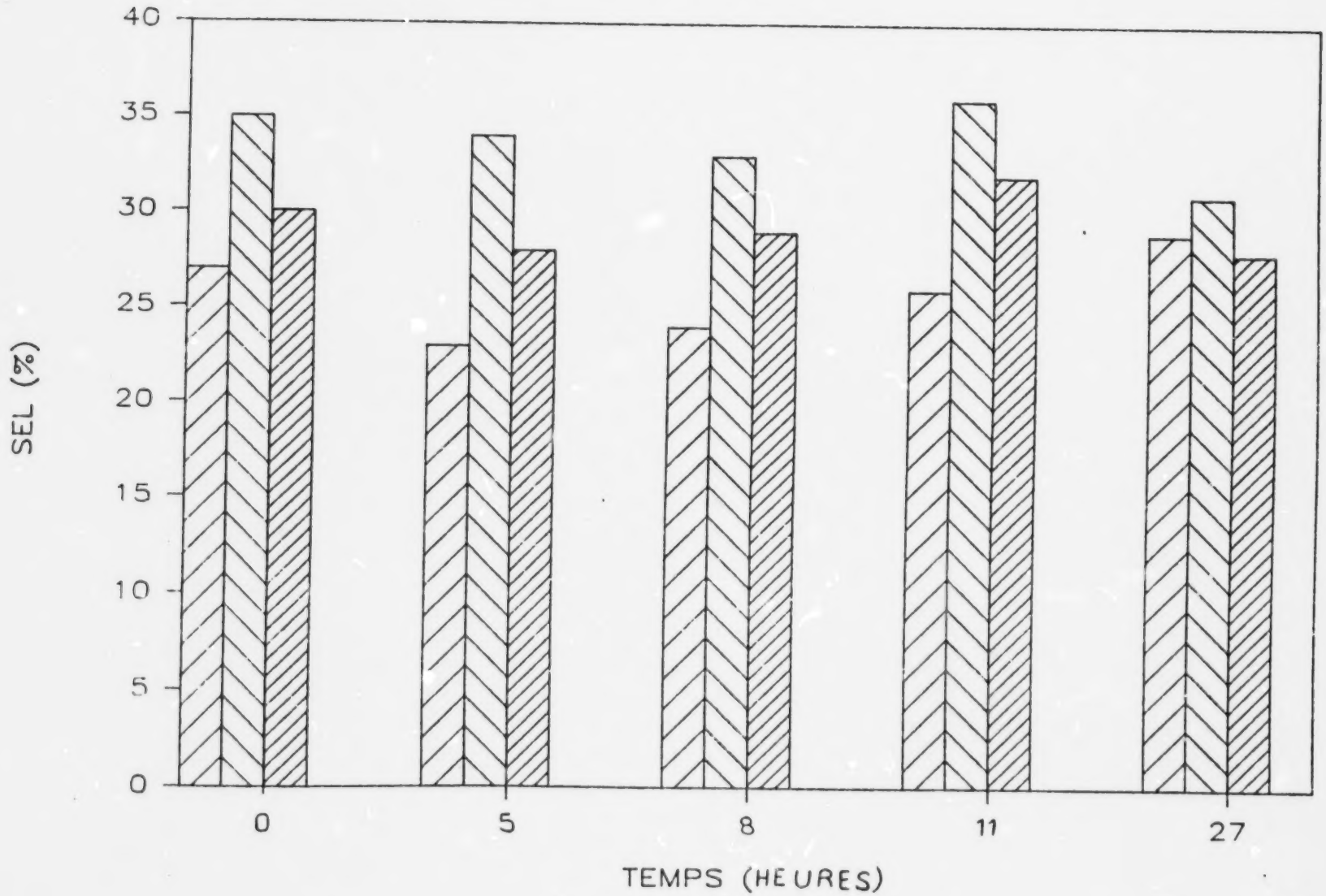

40
35
30
25
20
15
10
5
0
SEL (%)
0
5
8
11
27
TEMPS (HEURES)

Figure 25: Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie grosse, subdivisée en couches, lors du séchage mécanique, après séchage extérieur, durant la saison d'été.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

couche 4

couche 5

27: après 6 jours additionnels de séchage à l'extérieur

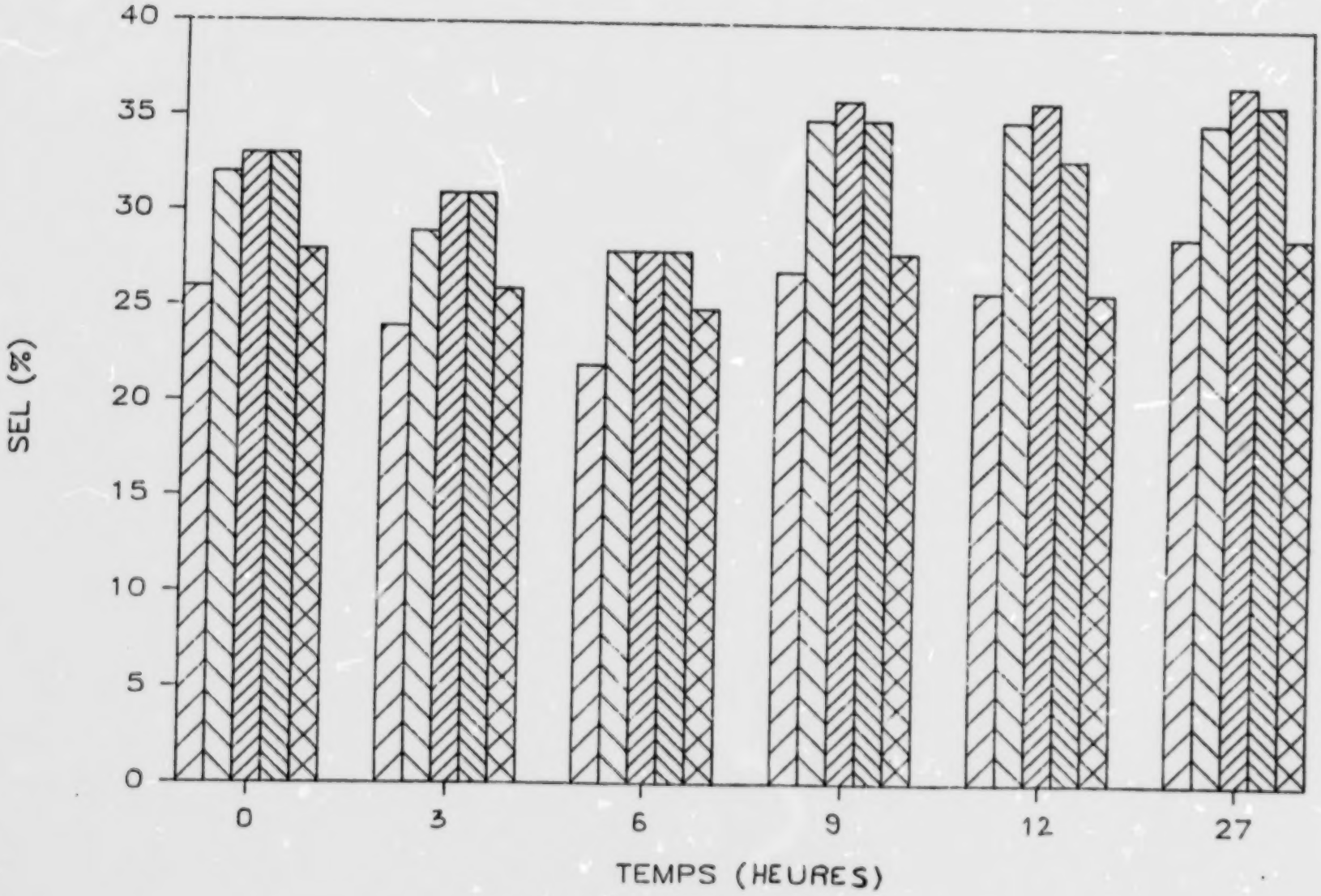

40
35
30
25
20
15
10
5
0
SEL (%)
0
3
6
9
12
27
TEMPS (HEURES)

Figure 26: Mesure de la texture de la chair de morue, en fonction du temps, au cours de la transformation selon le séchage combiné durant la saison d'été.

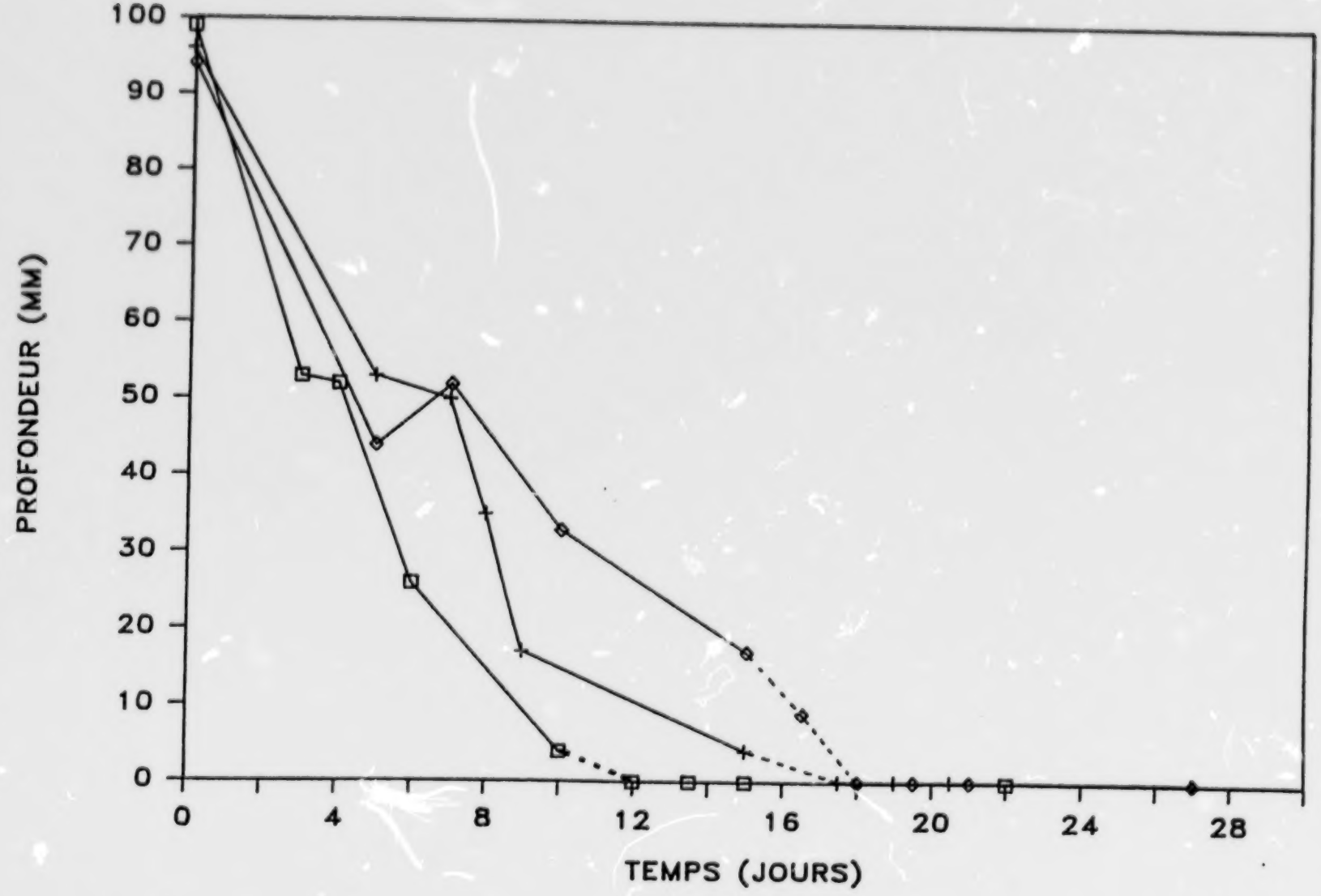
Légende:

petite

moyenne

grosse

0-4...: référer aux Figures 21 à 23


PROFONDEUR (MM)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
4
8
12
16
20
24
28
TEMPS (JOURS)

On peut donc conclure, du moins pour la production estivale, que la méthode utilisée pour l'analyse de texture sert surtout à évaluer la déshydratation de la première couche. Ceci pourrait permettre une évaluation rapide de la teneur du produit. En effet, si le produit est standardisé de façon à ce que la relation entre la première couche et les autres demeure constante, l'analyse de la couche 1 permettra d'évaluer tout le produit. L'addition d'une pesée sur la tige de mesure pourrait aider à atteindre le point zéro autour de 48 ou même 47 % d'eau afin de s'assurer une marge.

En comparant les trois procédés pour la production d'été, on constate que lors de leur mise en oeuvre, un certain profil s'établit sans égard à la catégorie. Ainsi, lors du saumurage, la couche 1 possède la teneur en eau la plus élevée et celle près de la peau, la plus faible. Après les étapes de pilage et de transpilage, il y a réarrangement à l'intérieur du tissu et la première couche tend à devenir la plus sèche. Durant le séchage, la différenciation entre les couches est nettement établie. L'écart entre la teneur en eau à la surface et celle au centre est moins importante lors du séchage mécanique que lors du séchage extérieur. On doit ainsi se référer aux vitesses d'évaporation et de diffusion. L'évaporation par rapport à la diffusion s'effectue plus rapidement à l'extérieur, d'où l'indication d'un mauvais rendement du séchoir mécanique.

Le séchage de la première couche se faisant plus rapidement que celui du centre, il y a formation d'une croûte qui diminue la capacité de migration de l'eau vers l'extérieur. La capacité de réhydratation est également affectée par la dénaturation de la protéine provoquée par la concentration élevée de sel. Il faudrait déterminer jusqu'à quel point le pouvoir de réhydratation est affecté. Il faudrait également considérer l'affinité de l'eau et du sel qui sont liés à

la protéine. Les protéines du centre étant moins dénaturées, elles ont encore un certain pouvoir de rétention d'eau à cause de la présence de sel, mais qu'elle en est l'importance sur la vitesse de diffusion? Une combinaison de ces deux phénomènes pourrait expliquer, du moins en partie, la présence d'une teneur plus élevée en eau, au centre du poisson.

L'emploi du séchoir mécanique n'a pas apporté les résultats escomptés. Alors que la production intérieure a généré un produit graissé, l'utilisation du séchoir n'a même pas raccourci la durée de fabrication du Gaspé Cured, puisque lors du procédé combiné, il a fallu 7 à 8 jours de séchage à l'extérieur pour compléter la finition du produit. Ce délai de fabrication correspond à celui requis par la production extérieure au même point: 11 jours pour la petite, 15 pour les catégories moyenne et grosse.

5.3.4 Aw

L'inefficacité du séchoir se reflète dans les résultats (Tabl. 7). En aucun cas, l'activité de l'eau n'a été abaissée à une valeur inférieure à 0,840 mentionnée plus tôt, ce qui explique l'état de détérioration avancé des échantillons. L'échantillon jour 18 T = 2 (grosse) semble s'être le mieux conservé et possède la valeur de aw la plus basse (0,856).

5.3.5 Microbiologie

Les étapes avant séchage correspondent à celles de la production extérieure, sans aucune autre remarque additionnelle (Tabl. 8). Lorsque les échantillons sont placés au séchoir, tous les comptes sont relativement bas. Durant le séchage, ceux-ci augmentent considérablement (sauf levures-moisissures) jusqu'à

ce que le poisson soit transféré à l'extérieur. Le cas de la moyenne semble différer quelque peu, car la flore microbienne est relativement basse avant même le transfert du poisson. L'apparition de coliformes durant le séchage est quand même surprenante, puisqu'il n'est pas sensé y avoir de manipulation (dans le séchoir). Cette contamination aurait donc pu survenir au moment du chargement des vigneaux.

Tableau 7: Mesure du Aw lors de la fabrication du Gaspé Cured pour la production d'été selon le procédé incluant un séchage combiné.

Catégorie	Etape (a)	Etat (b)	Activité de l'eau
Petite	Jour 14 T=0	D+++	.927
	Jour 14 T=2	D++++	.941
	Jour 14 T=5	D+++	.923
Moyenne	Jour 18 T=0	D+++	.925
	Jour 18 T=3	D+++	.943
	Jour 18 T=6	D+	.944
	Jour 18 T=15	D+	.890
Grosse	Jour 18 T=0	D+++	.914
	Jour 18 T=2	B	.856
	Jour 18 T=4	D+++	.916
	Jour 18 T=7	D+++	.923
	Jour 18 T=16	D+	.906

(a) Référer aux figures

(b) Référer légende tableau 2

Tableau 8: Evolution des comptes microbiologiques lors de la fabrication du Gaspé Cured selon la procédé incluant un séchage combiné pour la session d'été.

Catégorie	Etape	Age (j)	PCA bactéries/cm^2	TSA halophiles/cm^2	PDA levures-moisissures/cm^2	VRBA coliformes/cm^2
Petite	Jour 0	3	396667	453738	-	-
	Jour 3	1 & 2	70708	513467	-	445
	Jour 4	2	13067	150333	-	206
	Jour 6		6867	4592	-	-
	Jour 11 T=0		75	100	-	-
	T=4		231250	270000	-	2542
	T=7		75	50	-	-
	T=10		120233	194642	-	64
	Jour 18		4567	233	-	6
Moyenne	Jour 0	2	4375	10792	1667	61
	Jour 5	3-4	13483	517550	-	633
	Jour 7	1 & 2	433	333	-	33
	Jour 8	2	3967	7008	-	17
	Jour 9	1	183	133	-	22
	Jour 10		-	33	-	-
	Jour 15 T=0		17	-	-	-
	Jour 15 T=5		71683	72550	-	506
	Jour 15 T=8		37517	24192	-	79
	Jour 15 T=11		17	-	-	-
	Jour 15 T=13		17	-	-	-
	Jour 22		7950	6058	-	11
Grosse	Jour 0	2	5900	11975	1667	45
	Jour 5	3-4	2100	3450	-	33
	Jour 7	1 & 1	15125	41950	-	1133
	Jour 10	4	65000	3613	-	-
	Jour 13		162617	81017	-	-
	Jour 15 T=0		2683	3117	-	-
	Jour 15 T=3		601808	621022	1667	-
	Jour 15 T=6		912525	1017550	-	617
	Jour 15 T=9		293525	303767	-	78
	Jour 30		167	317	-	-

6. Production d'automne

6.1 Procédé traditionnel (Fig. 2a)

6.1.1 Eau

L'effet du saumurage sur la teneur en eau (Fig. 27 à 29) est plus prononcé que celui noté pour la production d'été. Les teneurs sont de 64 à 67 % pour la petite, 67 à 71 % pour la moyenne et 58 à 63 % pour la grosse, ce qui est nettement inférieur aux 74, 76 et 69 % (67,7-70,3) de la production estivale.

La "force" des saumures correspondait à 55, 55 et 65°S respectivement. La saumure de la petite est plus concentrée pour la saison automnale, ce qui pourrait expliquer cette baisse. Toutefois, plusieurs autres facteurs interviennent. Le temps de saumurage est plus long (4 jours par rapport à trois), en dehors de notre contrôle, et la position du poisson à l'intérieur du bac de saumurage était différente (Cream, 1961). Le comportement des deux autres catégories diffère. Malgré une saumure moins concentrée, la dénaturation des protéines est plus prononcée et la perte d'eau plus importante, et ce, pour une durée de saumurage égale (par rapport à la production estivale). A considérer également la température de la chambre de saumurage qui était reliée à la température extérieure et, par conséquent, variait. Il en résulte une influence sur l'absorption de sel par la morue (Bérubé et Bordeleau, 1981).

L'influence de la position de la morue dans le bac n'est pas reflétée par nos analyses d'eau et de sel, car les échantillons étaient prélevés sans que celles-ci soient notées. Comme les analyses de texture l'ont été, il sera peut-

Figure 27: Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, catégorie petite, subdivisée en couches, au cours de la transformation en automne, selon le procédé traditionnel.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

0: morue fraîche

4: après saumure

6: après pilage

10-14...: après 4-8... jours de séchage

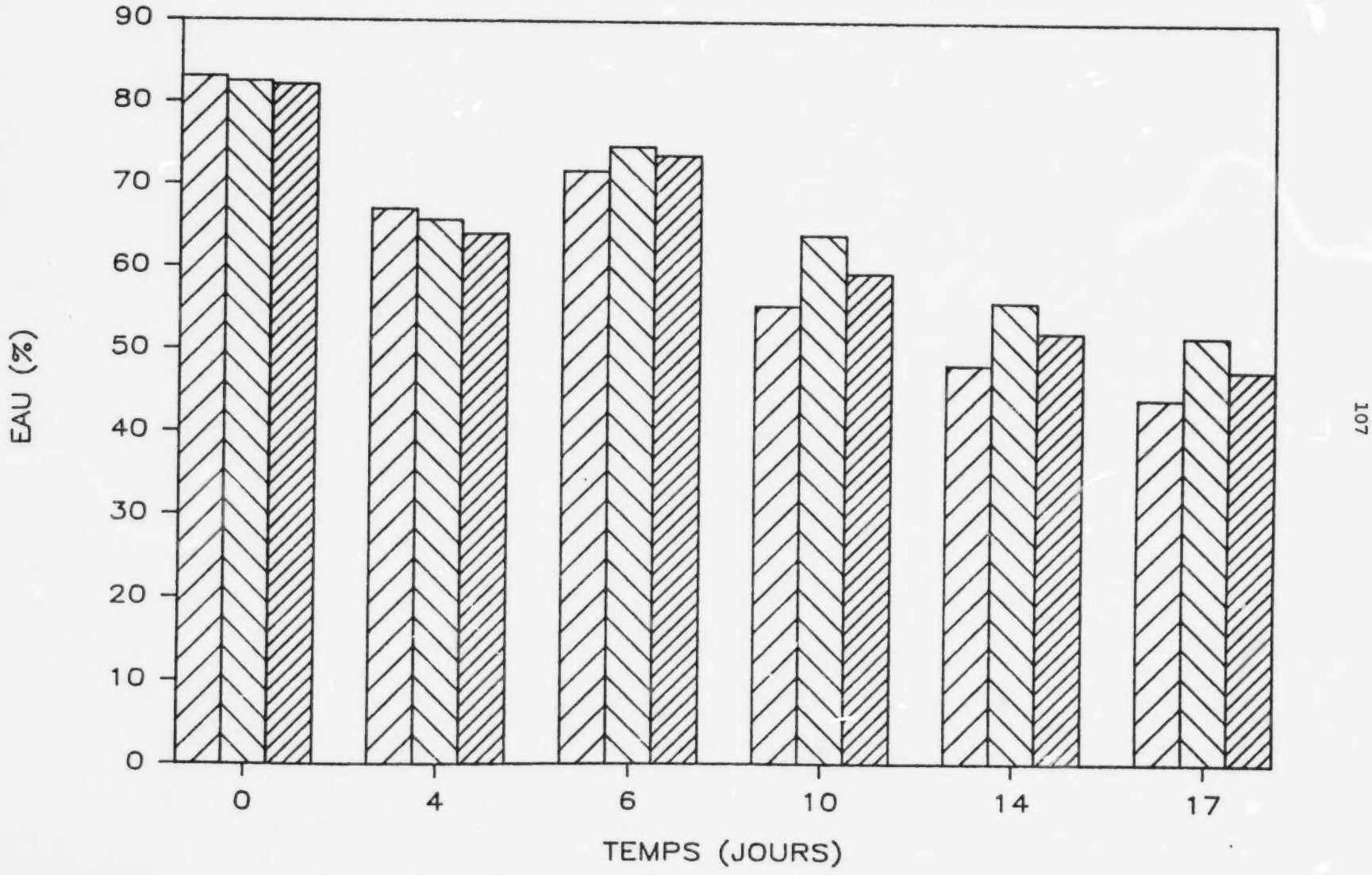

90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
EAU (%)
0
4
6
10
14
17
TEMPS (JOURS)

Figure 28: Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, catégorie moyenne, subdivisée en couches, au cours de la transformation en automne selon le procédé traditionnel.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

0: morue fraîche

4: après saumure

10: après transpilage

14-17: après 4 et 7 jours de séchage

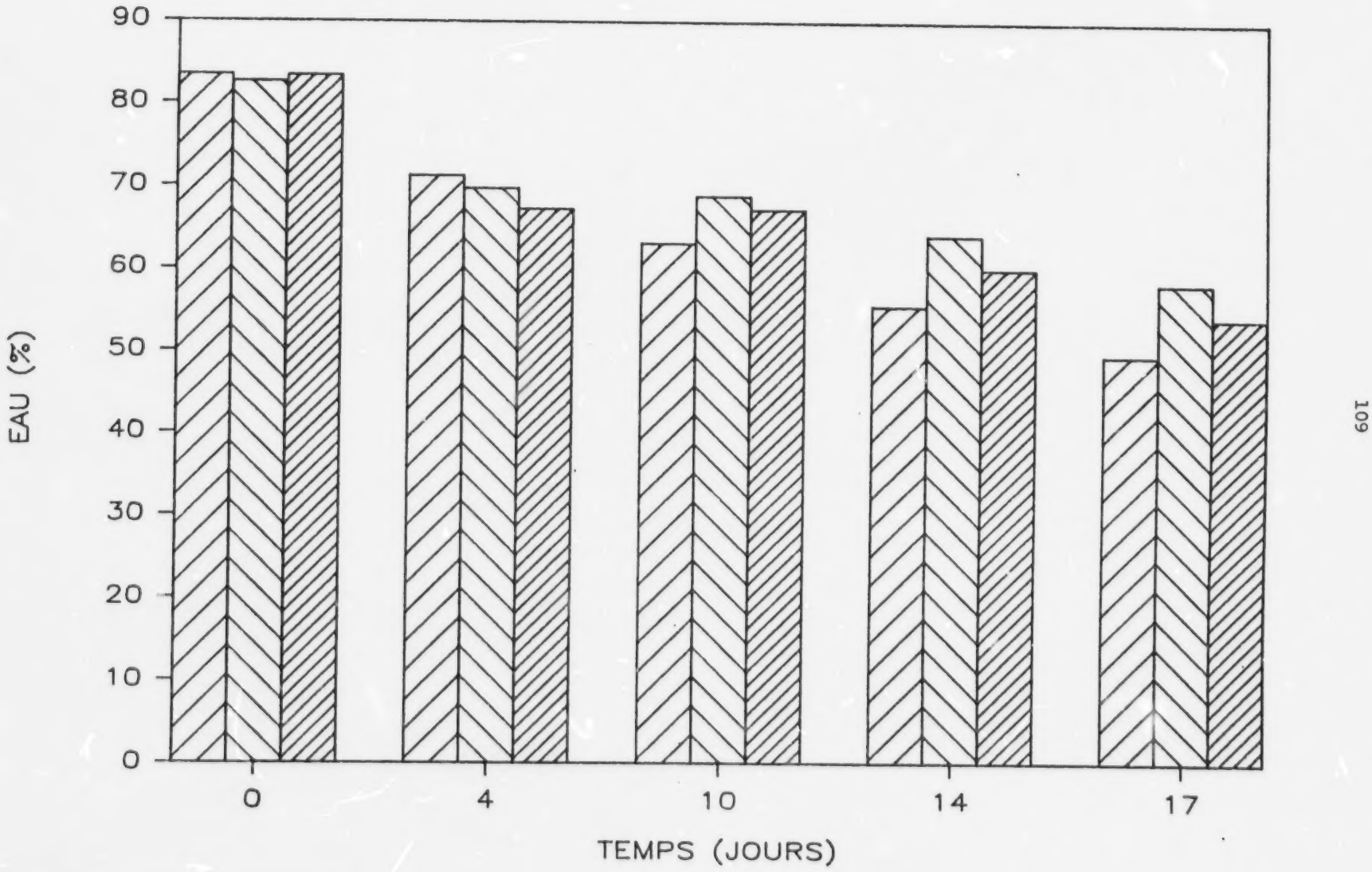

90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
EAU (%)
0
4
10
14
17
TEMPS (JOURS)

Figure 29: Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, catégorie grosse, subdivisée en couches, au cours de la transformation en automne selon le procédé traditionnel.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

couche 4

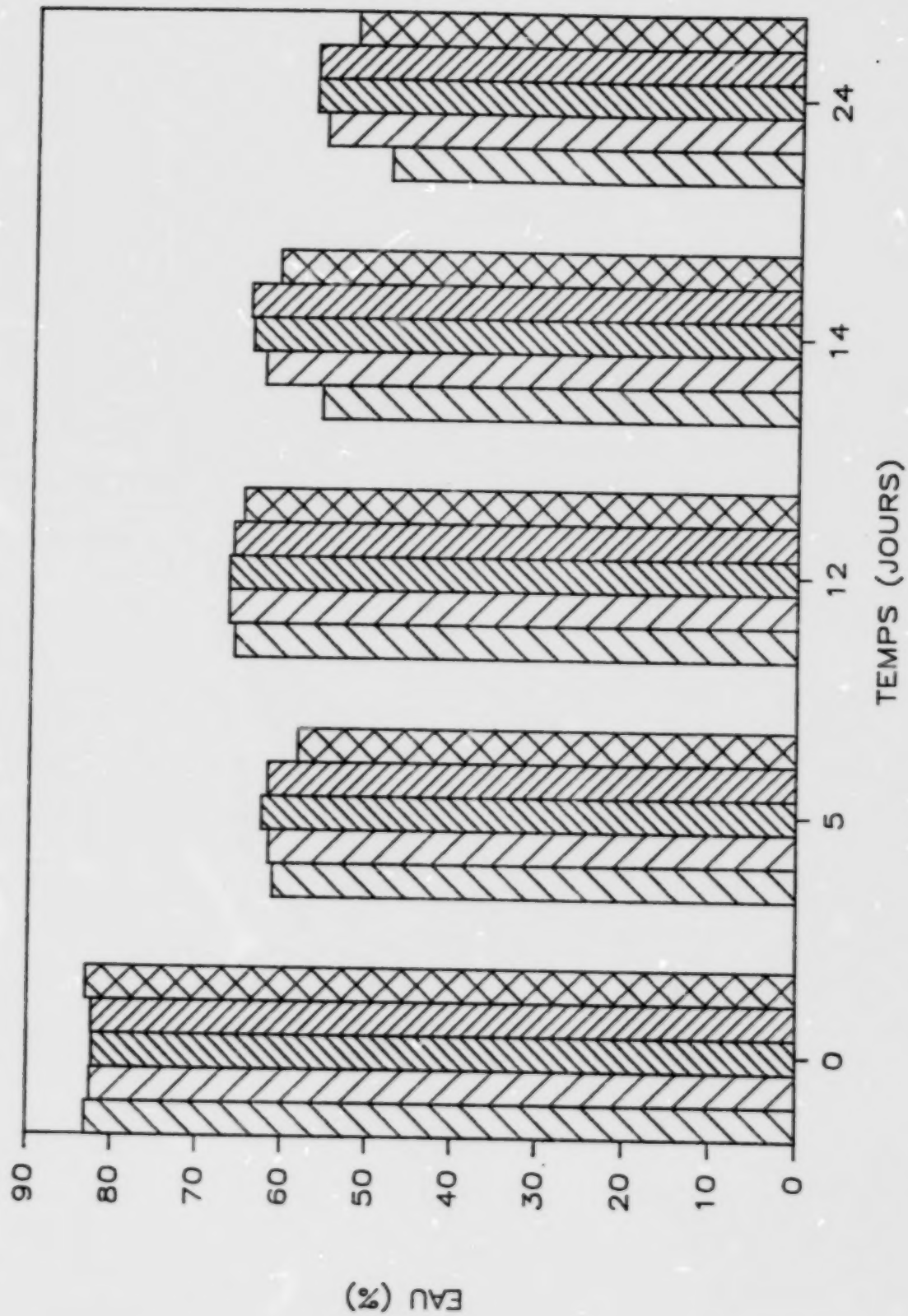
couche 5

0: morue fraîche

5: après saumure

12: après transpilage

14-24: après 2 à 12 jours de séchage


EAU (%)
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
5
12
14
24
TEMPS (JOURS)

être possible de le constater.

Après les étapes de pilage et de transpilage, les teneurs en eau augmentent pour la petite et la grosse. Le comportement de la moyenne est différent mais facile à expliquer, puisque celle-ci n'a pas été transpilée au même endroit. Aucun relevé de teneur en humidité de l'air n'a été fait, mais sachant que la moyenne était pilée dans une section où n'étaient entreposées que des piles de poissons et que les deux autres l'étaient dans la "chambre de saumurage", il est facile d'en déduire une différence.

L'étape de pilage et de transpilage n'a pas, du moins pour la petite et la grosse, éliminé une certaine quantité d'eau comme lors de la production d'été. Toutefois, on note le même réarrangement qui s'effectue; la couche 1 tend à s'assécher la plus rapidement suivie de celle près de la peau et finalement de celle du centre.

La durée du procédé est sensiblement la même (sauf pour la moyenne) mais la teneur en eau est nettement supérieure. Les teneurs de productions estivales voisinaient 45 % (première couche) et 52 % (centre) alors que celles d'automne se maintiennent autour de 48 % (première couche) et plus de 66 % au centre. Quant à la catégorie moyenne, elle semble donner de meilleurs résultats qu'en été; 49,8 % pour la couche 1 comparativement à environ 52 % après 17 jours en été, alors qu'au centre les résultats respectifs de 58 % et 60 % environ.

Figure 30: Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie petite, au cours de la transformation en automne selon le procédé traditionnel.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

0: morue fraîche

4: après saumure

6: après pilage

10-14...: après 4-8... jours de séchage

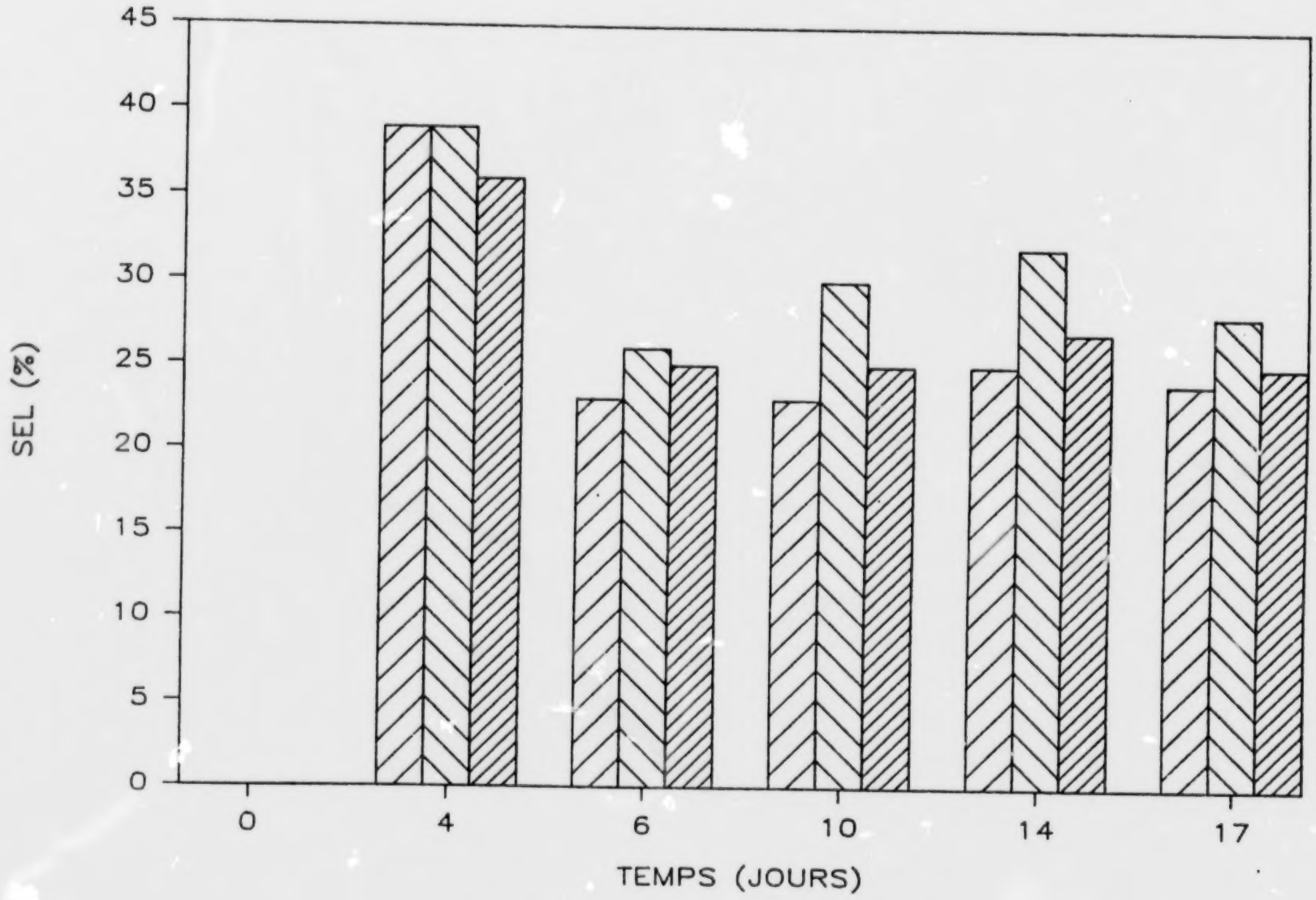

45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
SEL (%)
0
4
6
10
14
17
TEMPS (JOURS)

Figure 31: Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie moyenne, au cours de la transformation en automne, selon le procédé traditionnel.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

0: morue fraîche

4: après saumure

10: après transpilage

14-17: après 4 et 7 jours de séchage

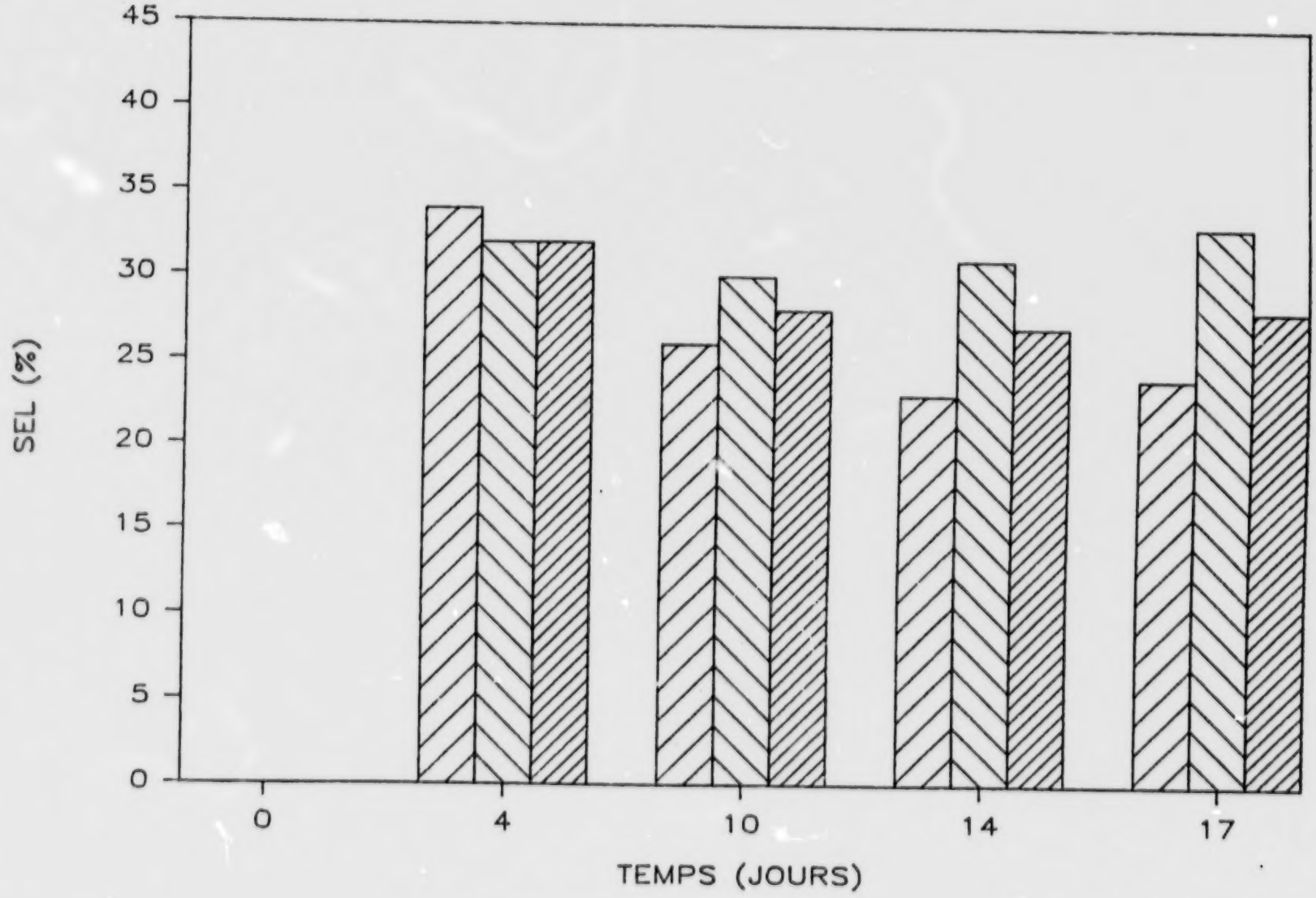

45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
SEL (%)
0
4
10
14
17
TEMPS (JOURS)

Figure 32: Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie grosse, au cours de la transformation en automne, selon le procédé traditionnel.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

couche 4

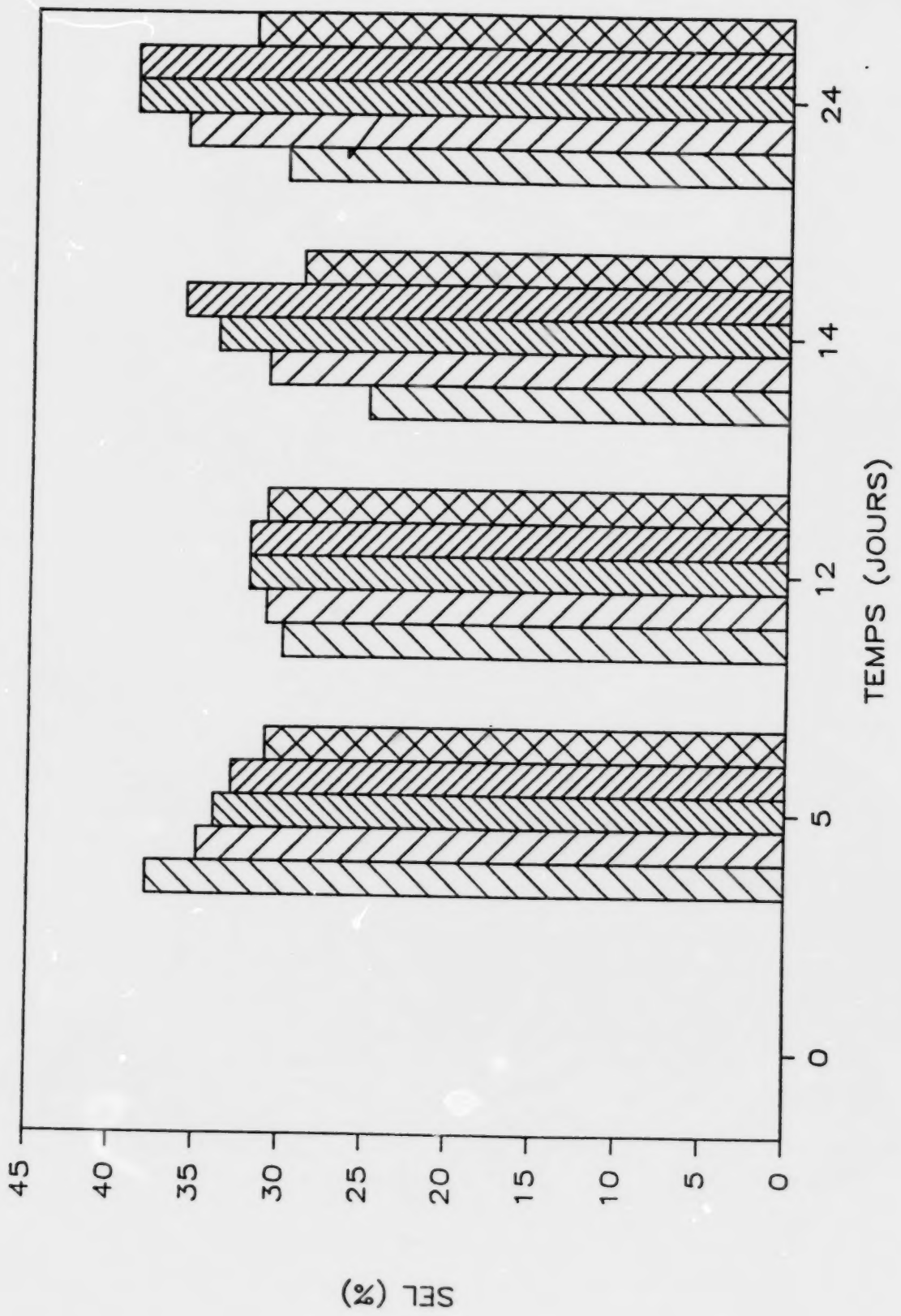
couche 5

0: morue fraîche

5: après saumure

12: après transpilage

14-24: après 2 et 12 jours de séchage


SEL (%)
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
0
5
12
14
24
TEMPS (JOURS)

6.1.2 Sel

Lors du saumurage (Fig. 30 à 32) la petite morue atteint une teneur en sel de 36 à 39%, la moyenne 32 et 34% et la grosse 31 à 38%. Ces concentrations sont inférieures à celles obtenues lors de la production d'été (sauf pour la grosse qui est pratiquement la même).

La répartition du sel à l'intérieur du tissus est beaucoup moins homogène. A partir de tous les résultats obtenus jusqu'ici, on constate donc qu'il n'y a aucun contrôle pratiqué sur le saumurage. Le salage est effectué d'après l'art du saleur et la température de la chambre de saumurage n'est nullement régularisée, ce qui est à l'origine d'une grande disproportion dans les résultats observés.

Les étapes de pilage et de transpilage provoquent une légère diminution de la concentration en sel. Ceci est facilement explicable puisque lors de cette étape, la morue a absorbé de l'eau. Quant au profil de concentration, il s'établit de la même façon que décrite jusqu'ici: la couche médiane de la chair est de plus en plus concentrée en sel au fur et à mesure que l'on s'approche du produit fini.

6.1.3 Texture

L'allure des courbes de pénétration (Fig. 33) se rapproche des observations rapportées jusqu'ici mais renferme quand même deux particularités: l'augmentation de la teneur en humidité pour la couche 1 de la grosse après transpilage (Fig. 29) ne se reflète pas sur la courbe correspondante, alors qu'il y a un pic au jour 17 de la catégorie moyenne. Cette augmentation de 1

millimètre est relativement minime et s'explique difficilement. Seule une répétition de l'expérience pourrait inciter à considérer ce phénomène comme valable.

On remarque également qu'aucun résultat de pénétrométrie n'est donné au jour 4. Des problèmes techniques ont empêché d'obtenir ces mesures. Selon les résultats antérieurs, il est plausible de présumer que l'on aurait obtenu une valeur inférieure à celle du jour 6 (22) de manière à refléter l'augmentation de la concentration en eau. Le point zéro est atteint lorsque la teneur en humidité est environ 49 %.

Figure 33: Mesure de la texture de la chair de morue en fonction du temps au cours de la transformation en automne selon le procédé traditionnel.

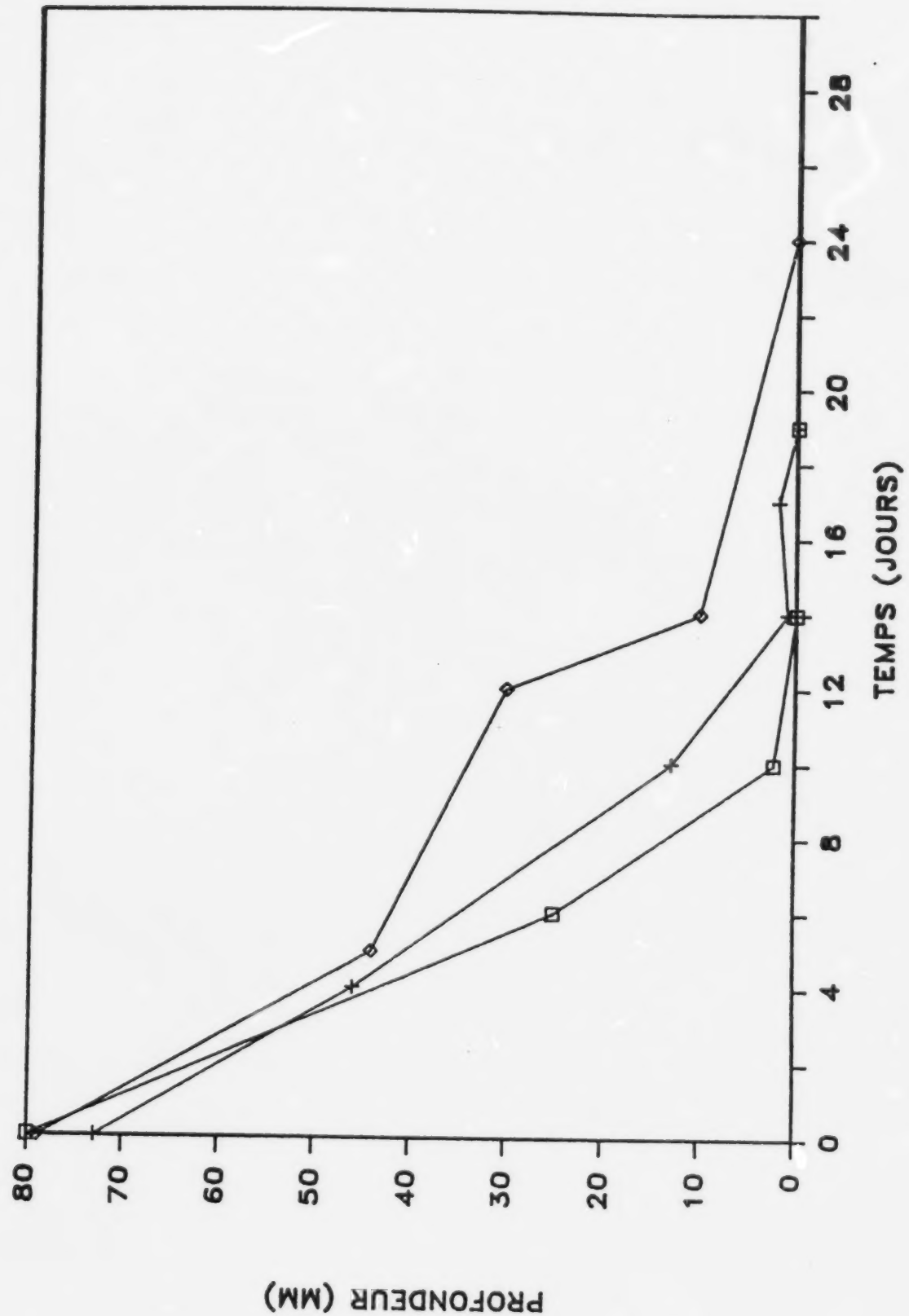
Légende:

petite

moyenne

grosse

0-4...: référer aux Figures 28 à 30


PROFONDEUR (MM)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
0
4
8
12
16
20
24
28
TEMPS (JOURS)

6.1.4 Aw

Les échantillons d'automne (Tabl. 9) sont de façon générale moins détériorés, leur période d'entreposage ayant été plus courte. Des échantillons à une aw aussi élevée que 0,875 se sont bien conservés. En comparant avec les résultats de la production d'été, on peut extrapoler l'état de ces échantillons après une période d'entreposage comparable. Ainsi, on peut constater que les premiers échantillons possèdent une activité de l'eau relativement élevée incluant ainsi la possibilité que ces échantillons dans trois mois soient trop détériorés pour être analysés, comme dans le cas de la production d'été.

L'importance du sel sur l'activité de l'eau se reflète dans l'importante baisse d'aw chez la moyenne, au jour 4 par rapport au jour 0. De façon générale, le séchage a permis de conserver les échantillons en bon état.

6.1.5 Microbiologie

La présence de coliformes et de levures-moisissures (Tabl. 10) en début de procédé seulement indique une manipulation plus saine en comparaison avec la production d'été.

L'étape de saumurage permet d'abaisser les comptes totaux et le nombre de bactéries halophiles par centimètre carré. Après l'étape de pilage, on note une augmentation de ceux-ci, puis une diminution faisant suite au séchage. Le produit final comporte des comptes plus bas que la production estivale.

Tableau 9: Mesure du Aw lors de la fabrication du Gaspé Cured pour la production d'automne selon le procédé traditionnel.

Catégorie	Etape (a)	Etat (b)	Activité de l'eau
Petite	Jour 4	B	.875
	Jour 6	D***	.943
	Jour 10	B	.840
	Jour 14	B	.752
	Jour 19	B	.744
Moyenne	Jour 0	D***	.966
	Jour 4	B	.859
	Jour 10	D*	.911
	Jour 14	D*	.864
	Jour 19	B	.753
Grosse	Jour 5	B	.814
	Jour 12	B	.867
	Jour 14	B	.836
	Jour 25	B	.754

(a) Référer aux figures

(b) Référer légende tableau 2

Tableau 10: Evolution des comptes microbiologiques lors de la fabrication du Gaspé Cured selon le procédé traditionnel pour la saison d'automne.

Catégorie	Etape	Age (j)	PCA bactéries/cm^2	TSA halophiles/cm^2	PDA levures-moisissures/cm^2	VRBA coliformes/cm^2
Petite	Jour 4	2	1150	1317	-	17
	Jour 6	2	256667	913333	-	672
	Jour 10	3	17	283	-	-
	Jour 14	5	133	600	-	-
	Jour 19	6	-	-	-	-
Moyenne	Jour 0	1	49658	27108	-	278
	Jour 4	2	3792	7375	-	328
	Jour 10	3	17	-	-	-
	Jour 14	5	329700	357342	-	-
	Jour 19*	6	1050	883	-	-
	Jour 19**	6	200	200	-	-
Grosse	Jour 5	3	4493	4650	1667	-
	Jour 12	1	417	500	-	-
	Jour 14	5	10817	18367	-	-
	Jour 25	2	33	-	-	-

* Le couvercle était brisé pour l'éch. morue 1
** Résultat: seulement pour morue 1

6.2 Séchage mécanique (Fig. 2b)

6.2.1 Eau

Le début du séchage (Fig. 34 à 36) diffère peu des comportements rencontrés jusqu'ici. Le profil du transpilage tend à se réarranger lors des premières heures de séchage puis les teneurs diminuent à mesure que le séchage progresse. Des problèmes causés par le bris d'un compresseur a obligé le transfert du poisson à l'extérieur. L'évaporation ayant toutefois été plus rapide qu'en été, il s'est formé une croûte à la surface ce qui, selon le producteur, a "sauvé" le produit.

Les résultats sont différents de la production d'été du même procédé mais c'est le chariot no 9 tel qu'indiqué par l'étude d'évaluation de performance (section II) du système qui a été utilisé et non le no 3. Les conditions étaient donc différentes et elles se reflètent sur le produit.

Le parachèvement du procédé à l'extérieur permet donc d'obtenir un produit fini qui se rapproche de celui observé jusqu'ici, c'est-à-dire un produit dont la première couche possède une teneur d'environ 45 à 48 % et celle du centre 53 à 58 %.

Cette production donne des résultats différents de la production estivale au séchoir mécanique, et la différenciation au niveau des couches est plus prononcée et, par conséquent, se rapproche plus de la production extérieure.

Figure 34: Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, catégorie petite, subdivisée en couches, lors du séchage au séchoir mécanique, après empilage, durant la saison d'automne.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

11-16: après 10 h au séchoir mécanique puis 2 et 10 jours à l'extérieur

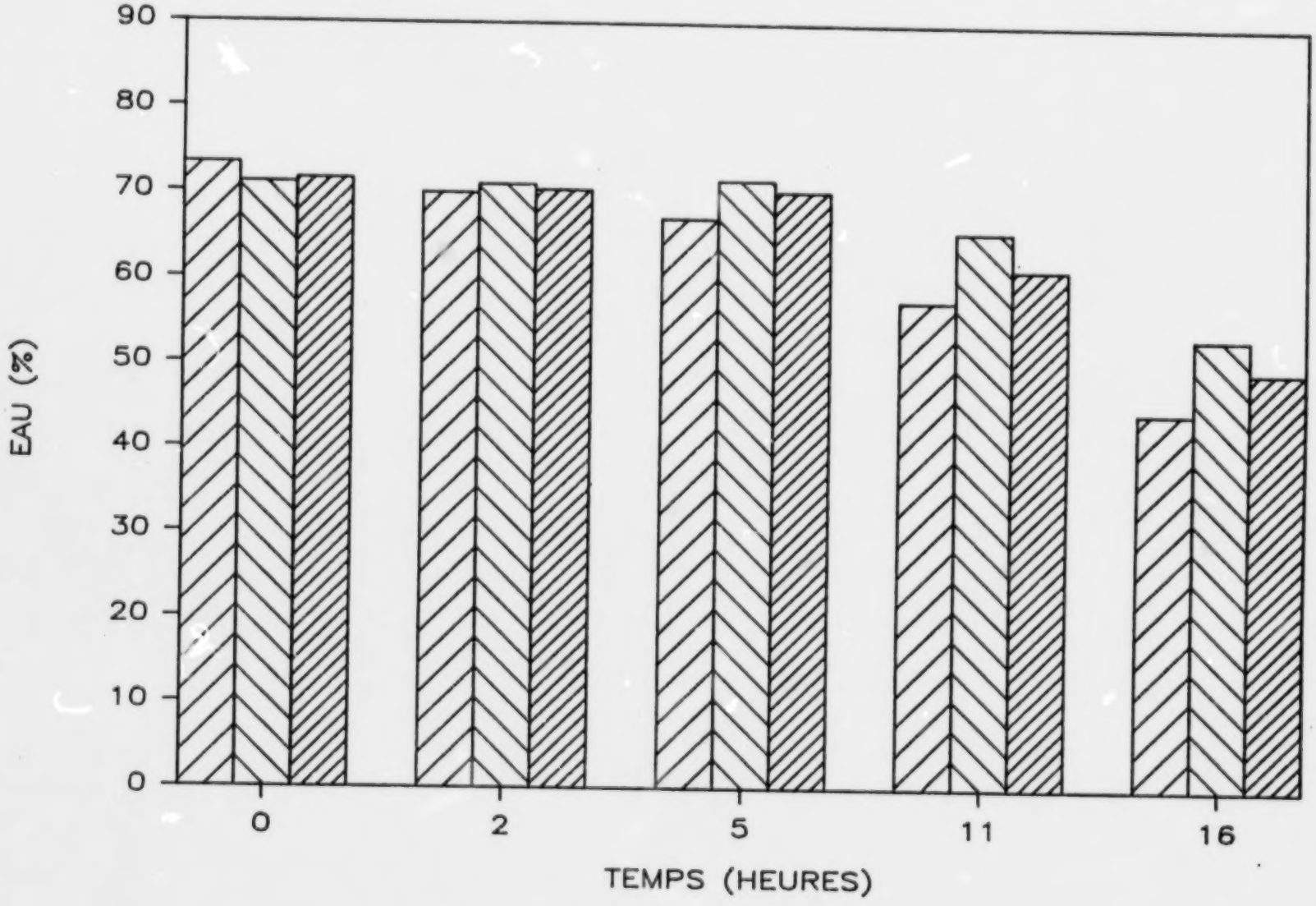

90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
EAU (%)
0
2
5
11
16
TEMPS (HEURES)

Figure 35: Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, catégorie moyenne, subdivisée en couches lors du séchage au séchoir mécanique, après empilage, durant la saison d'automne.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

11-16: après 10 h au séchoir mécanique puis 2 et 8 jours à l'extérieur

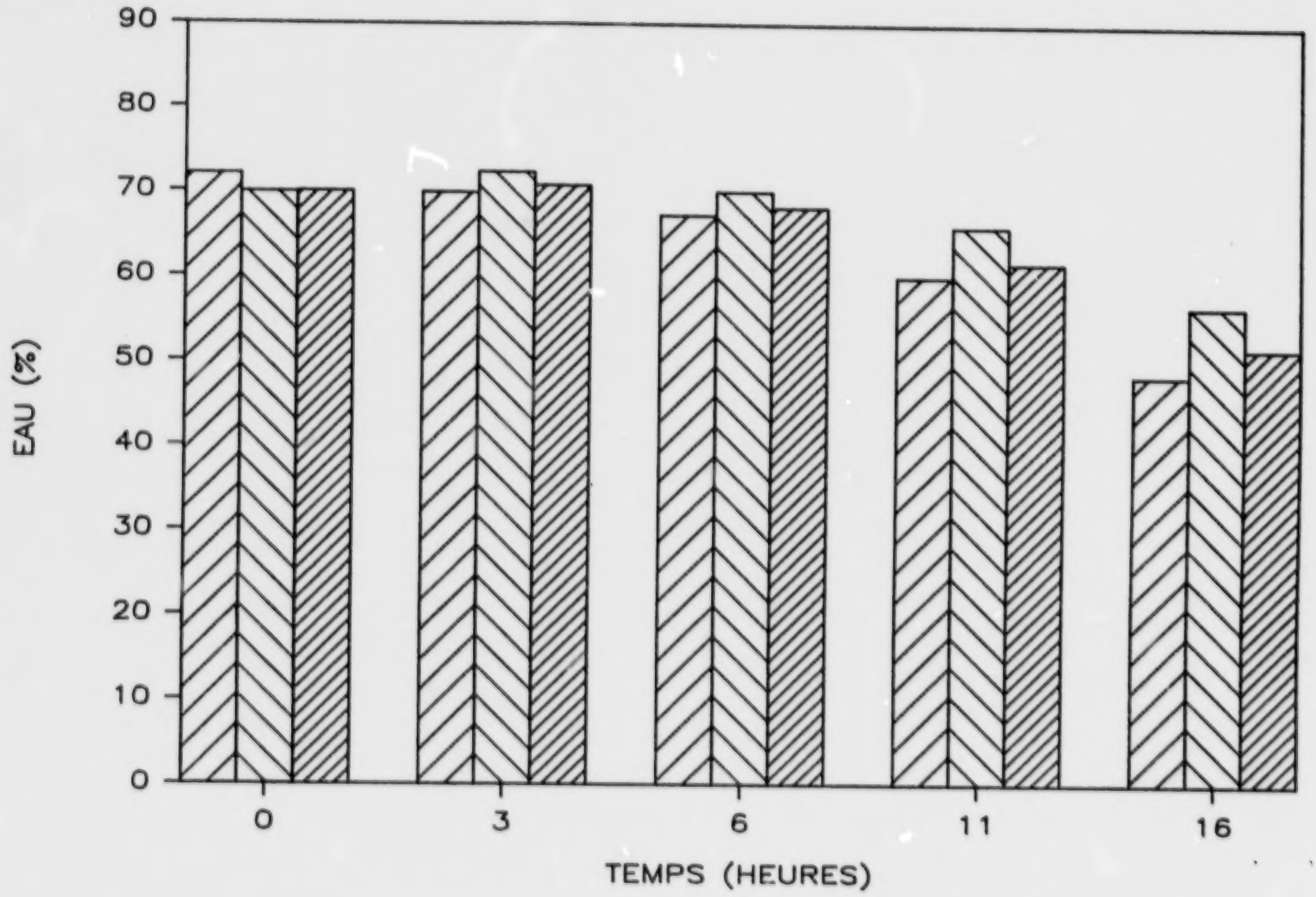

90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
EAU (%)
0
3
6
11
16
TEMPS (HEURES)

Figure 36: Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, catégorie grosse, subdivisée en couches lors du séchage au séchoir mécanique, après empilage, durant la saison d'automne.

Légende:

couche 1

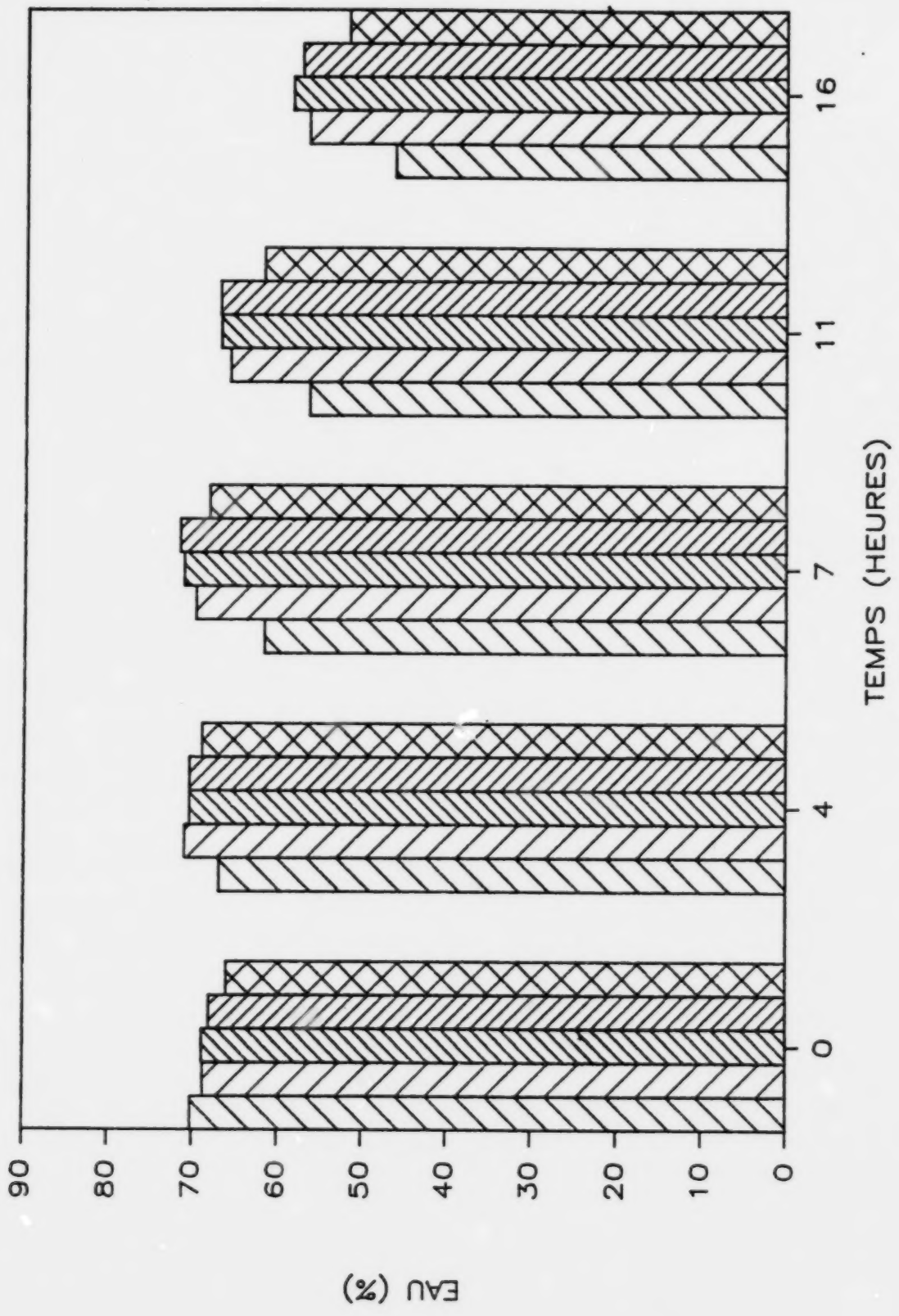
couche 2

couche 3

couche 4

couche 5

11-16: après 10 h au séchoir mécanique suivi de 2 et 8 jours à l'extérieur


EAU (%)
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
4
7
11
16
TEMPS (HEURES)

6.2.2 Sel

Les résultats (Fig. 37 à 39) ressemblent étrangement à ceux de la production estivale; la différenciation entre les couches se fait difficilement. Elle ne s'établit véritablement que lors de sa sortie à l'extérieur.

On constate donc ici l'importance du séchage rapide puisque la concentration en sel (base sèche) est sensiblement la même qu'en été (25 à 30 %), mais le produit final n'est pas graissé.

6.2.3 Texture

Un durcissement régulier s'effectue tout au long du procédé (Fig. 40), reflétant ainsi assez bien la teneur en eau de la production correspondante. Toutefois, on remarque que, similairement à la production estivale du même procédé, le point zéro à une teneur aussi élevée que 60 %. Ceci pourrait s'expliquer par une évaporation qui est beaucoup plus rapide que le séchage extérieur, provoquant l'apparition plus hâtive de la première couche. Celle-ci serait plus mince. Comme les morceaux analysés (eau) mesuraient environ 2 mm d'épaisseur, la partie "non croutée" serait plus humide que celle produite à l'extérieur.

6.2.4 Aw

Une activité de l'eau variant de 0,899 à 0,947 (Tabl. 11), malgré des temps de séchage allant jusqu'à 7 h, indique bien l'incapacité du séchoir à sécher convenablement le produit. On remarque d'ailleurs que 3 des 6 échantillons ayant subi une période de séchage ont commencé à se détériorer après seulement un mois d'entreposage (environ).

Figure 37: Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie petite, subdivisée en couches lors du séchage au séchoir mécanique, après empilage, durant la saison d'automne.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

11-16: après 10 h de séchage au séchoir mécanique suivi de 2 à 10 jours à l'extérieur

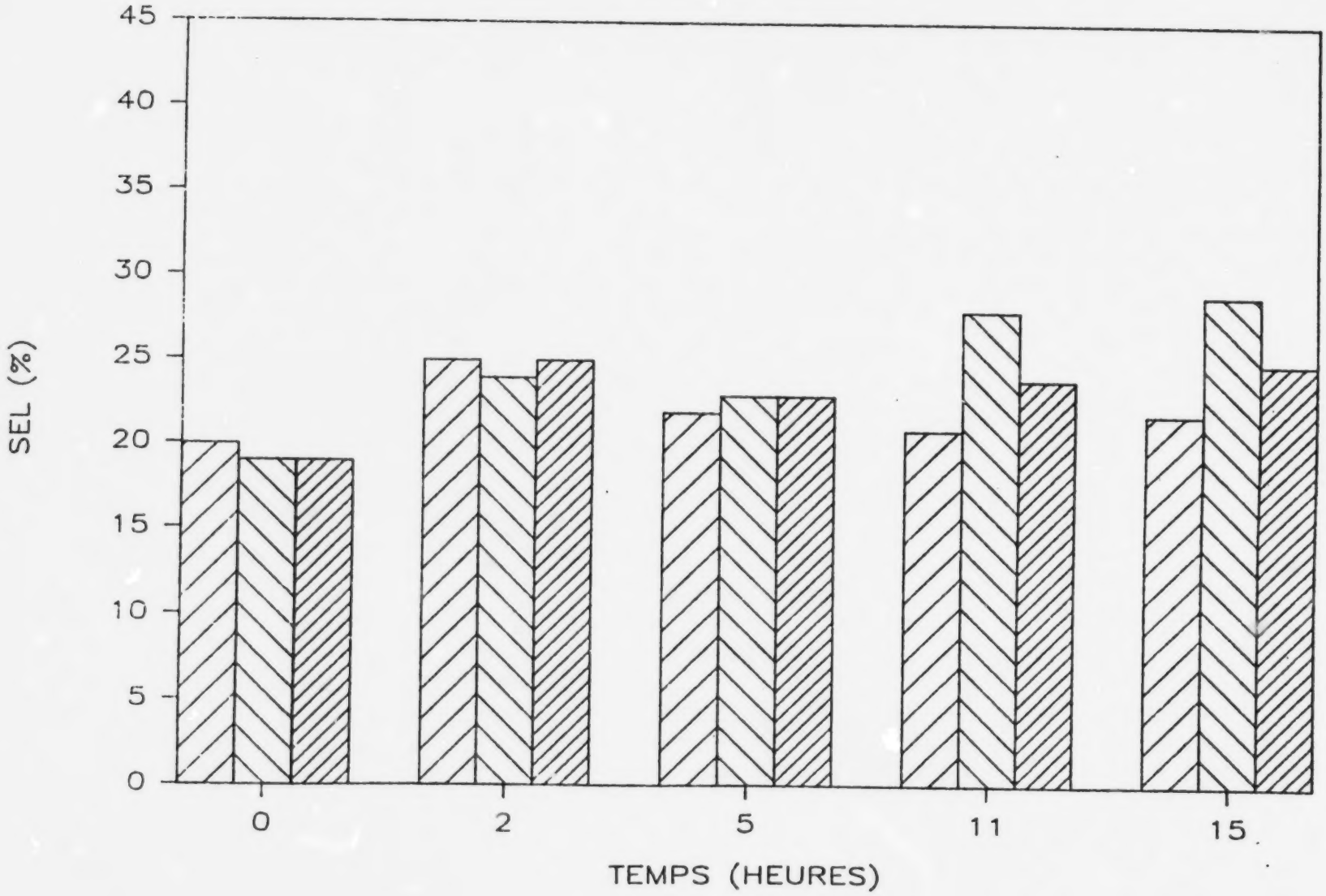

45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
SEL (%)
0
2
5
11
15
TEMPS (HEURES)

Figure 38: Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie moyenne, subdivisée en couches, lors du séchage au séchoir mécanique, après empilage, durant la saison d'automne.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

11-16: après 10 jours de séchage au séchoir mécanique suivi de 2 et 8 jours à l'extérieur

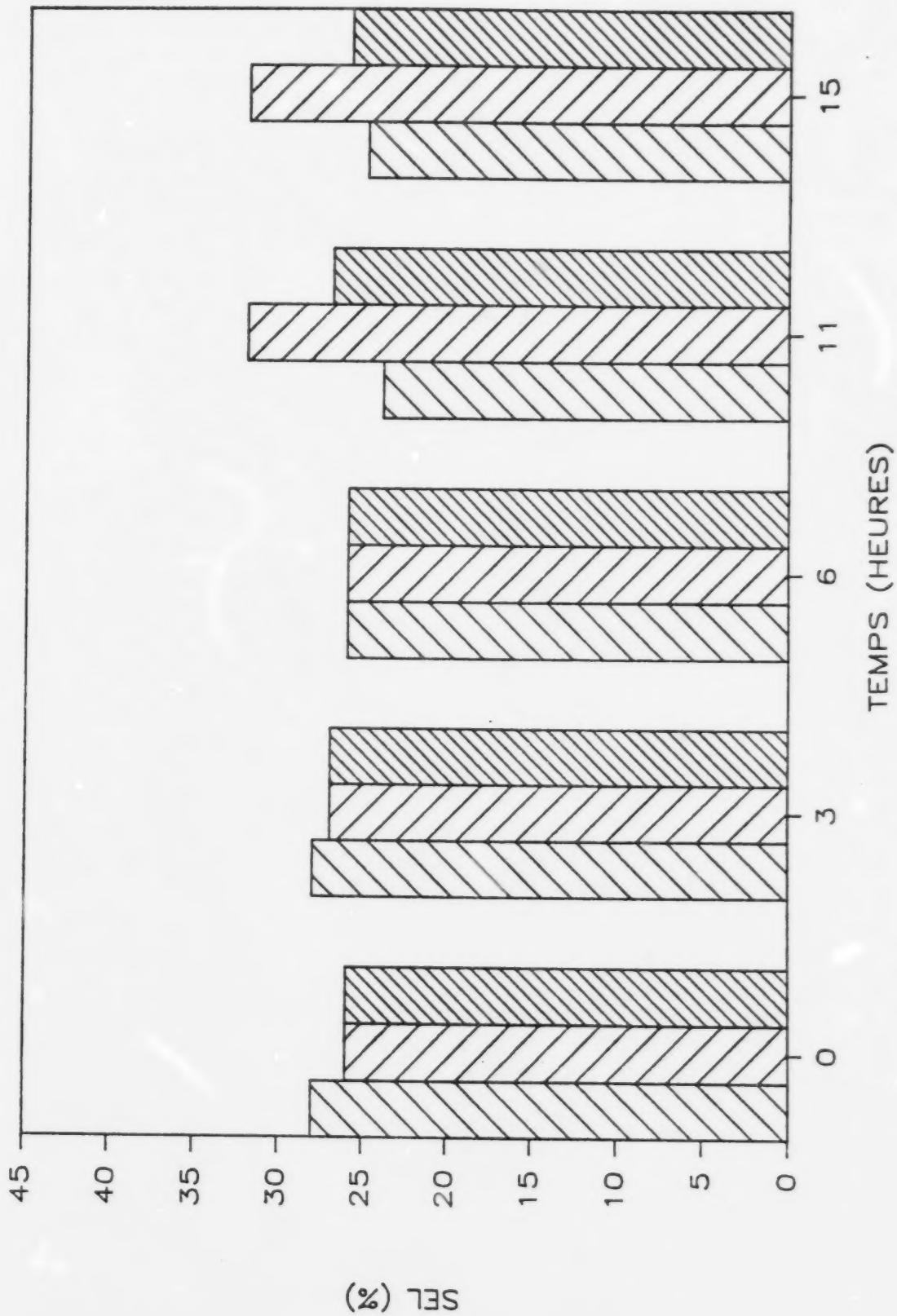

SEL (%)
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
0
3
6
11
15
TEMPS (HEURES)

Figure 39: Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie grosse, subdivisée en couches, lors du séchage au séchoir mécanique, après empilage, durant la saison d'automne.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

couche 4

couche 5

11-15: après 10 h de séchage au séchoir mécanique suivi de 2 et 8 jours à l'extérieur

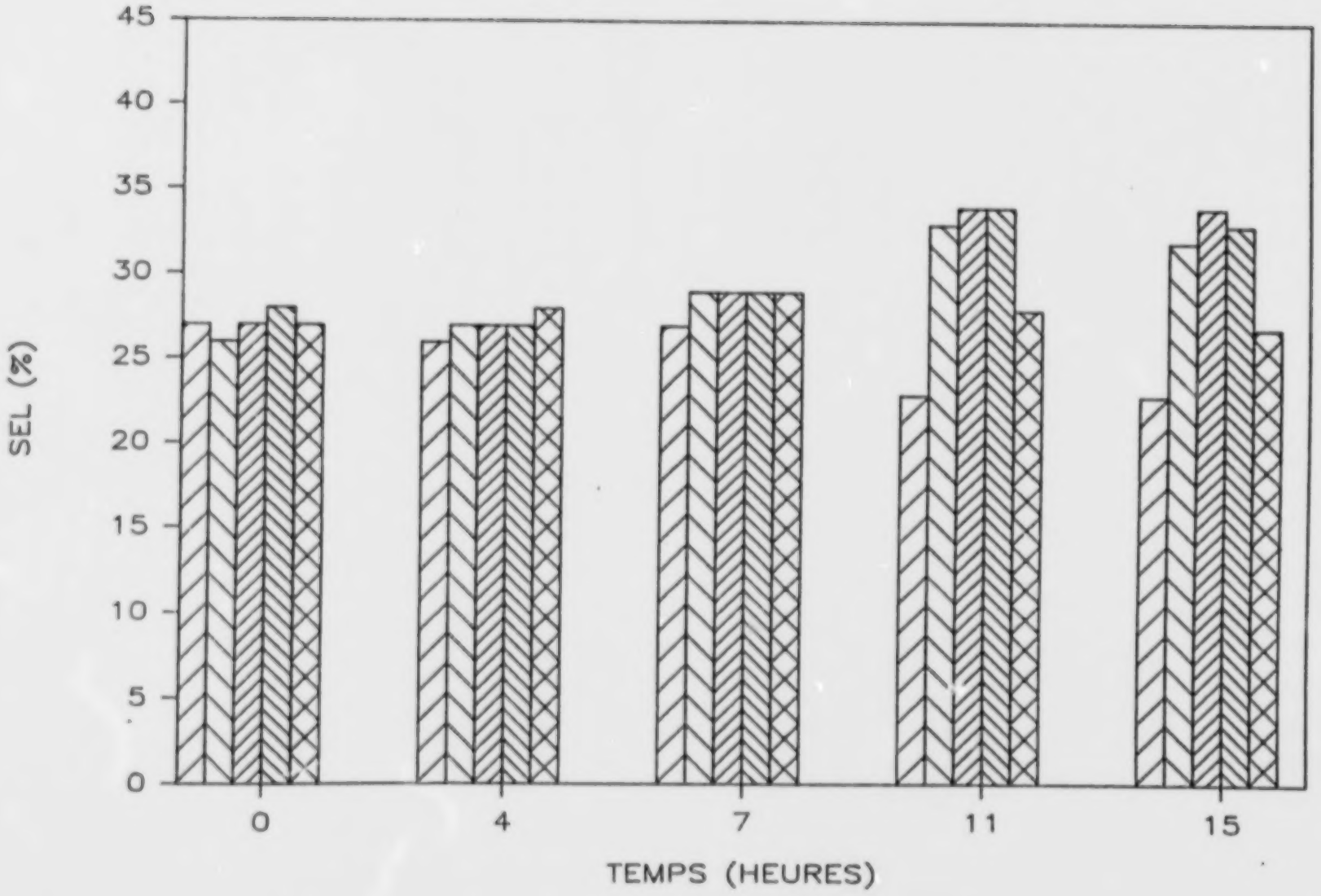

45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
SEL (%)
0
4
7
11
15
TEMPS (HEURES)

Figure 40: Mesure de la texture de la chair de morue, en fonction du temps lors du séchage au séchoir mécanique, après empilage, durant la saison d'automne.

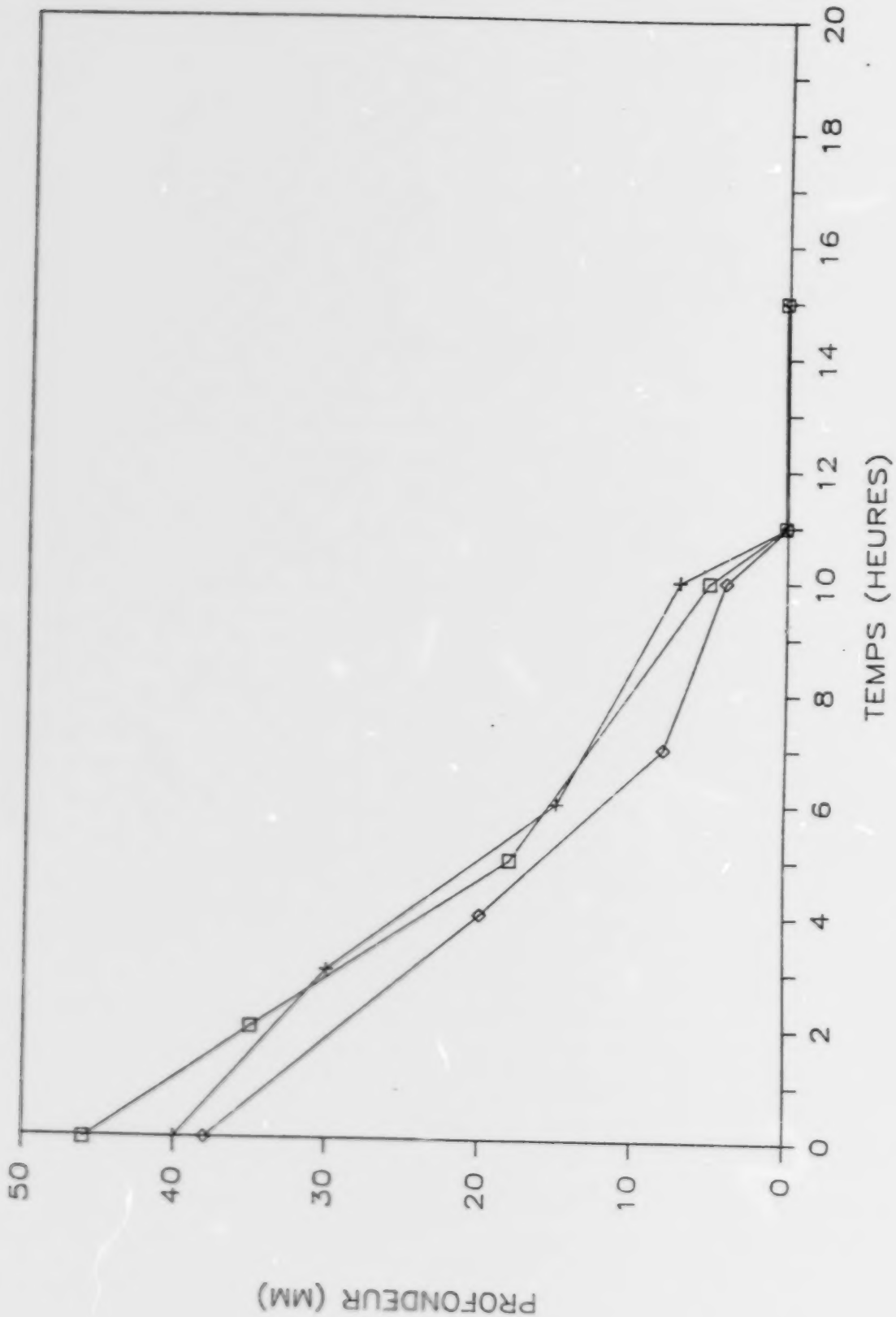
Légende:

petite

moyenne

grosse

0-2...: référer aux Figures 35 à 37


PROFONDEUR (MM)
0
10
20
30
40
50
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
TEMPS (HEURES)

6.2.5 Microbiologie

L'effet du séchoir sur l'aspect microbiologique (Tabl. 12) semble être beaucoup plus bénéfique que lors des premiers résultats (été). Après une période où l'effet du séchage semble inexistant, on assiste à une baisse importante au niveau de tous les comptes. Ainsi, la formation plus rapide d'une croûte à la surface aurait empêché le développement microbiologique et, par conséquent, évité le graissage. Cette détérioration microbiologique a peut-être été évitée de justesse si l'on considère la longue période de temps qui a été nécessaire à la formation de cette croûte. Le produit fini (à l'extérieur) est exempt de fortes contaminations (plus faibles qu'en été).

6.3 Séchage combiné (Fig. 2c)

6.3.1 Eau

Les analyses effectuées (Fig. 41 à 43) n'ont fait que confirmer ce qui avait été noté jusqu'ici. Neuf heures de séchage n'ont eu pour effet que de diminuer les teneurs de 7 à 8 unités de pourcentage, ce qui indique donc que le séchoir ne peut, du moins dans son état actuel, permettre un rendement avantageux pour le produit fabriqué; les conditions de température et de vitesse du vent ne permettent pas d'assécher le poisson assez rapidement. Il a donc fallu qu'il soit lui aussi terminé à l'extérieur.

6.3.2 Sel

Les teneurs en sel (Fig. 44 à 46) de la surface 1 diminuent dans tous les cas lors de l'étape de séchage. On note surtout que l'écart entre celle-ci et les autres couches tend à augmenter. Sauf pour la petite où la couche 3 possède une concentration en sel plus élevée que la deuxième, il n'y a rien de spécial à comparer à toutes les observations rapportées lors des autres procédés.

Tableau 11: Mesure du Aw lors de la fabrication du Gaspé Cured pour la production d'été selon le procédé incluant un séchage mécanique.

Catégorie	Etape (a)	Etat (b)	Activité de l'eau
Petite	Jour 8 T=0	D***	.947
	Jour 8 T=2	D***	.927
	Jour 8 T=5	D***	.939
	Jour 11	B	.857
	Jour 19	B	.735
Moyenne	Jour 8 T= 0	D***	.925
	Jour 8 T= 3	B	.916
	Jour 8 T= 6	B	.908
	Jour 11	B	.836
	Jour 16	B	.811
	Jour 19	B	.745
Grosse	Jour 8 T=0	D	.900
	Jour 8 T=4	B	.899
	Jour 8 T=7	D***	.909
	Jour 11	B	.830
	Jour 19	B	.741

(a) Référer aux figures

(b) Référer légende tableau 2

Tableau 12: Evolution des comptes microbiologiques lors de la fabrication du Gaspé Cured selon le procédé incluant un séchage mécanique pour la saison d'automne.

Catégorie	Etape	Age (j)	PCA bactéries/cm^2	TSA halophiles/cm^2	PDA levures-moisissures/cm^2	VRBA coliformes/cm^2
Petite	Jour 8 T 0	4	27500	935000	-	6059
	Jour 8 T 0	5	343200	910963	-	7075
	Jour 8 T 2	4-4-5	136850	1130000	-	4517
	Jour 8 T 5	4-5-4	8433	804592	-	717
	Jour 11 T 10	2	283	150	-	-
	Jour 19	6	17	17	-	-
Moyenne	Jour 8 T 0	5	13533	68183	-	1167
	Jour 8 T 3	4	237983	2005000	-	470
	Jour 8 T 6	4	38550	1645000	-	211
	Jour 8 T 10	2	67	-	-	-
	Jour 16	9	2750	2417	-	-
	Jour 19	6	-	67	-	-
Grosse	Jour 8 T 0	5	37688	33838	-	4342
	Jour 8 T 4	4	104908	1293892	-	1914
	Jour 8 T 7	4	25817	1523333	-	212
	Jour 11 T 10	2	117	50	-	-
	Jour 19	6	-	-	-	-

Figure 41: Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, catégorie petite, subdivisée en couches, lors de la transformation incluant un séchage combiné, durant la saison d'automne.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

0: morue fraîche

4: après saumure

6: après 2 jours dehors

7: avant séchoir

16,5: après 19 h de séchage au séchoir

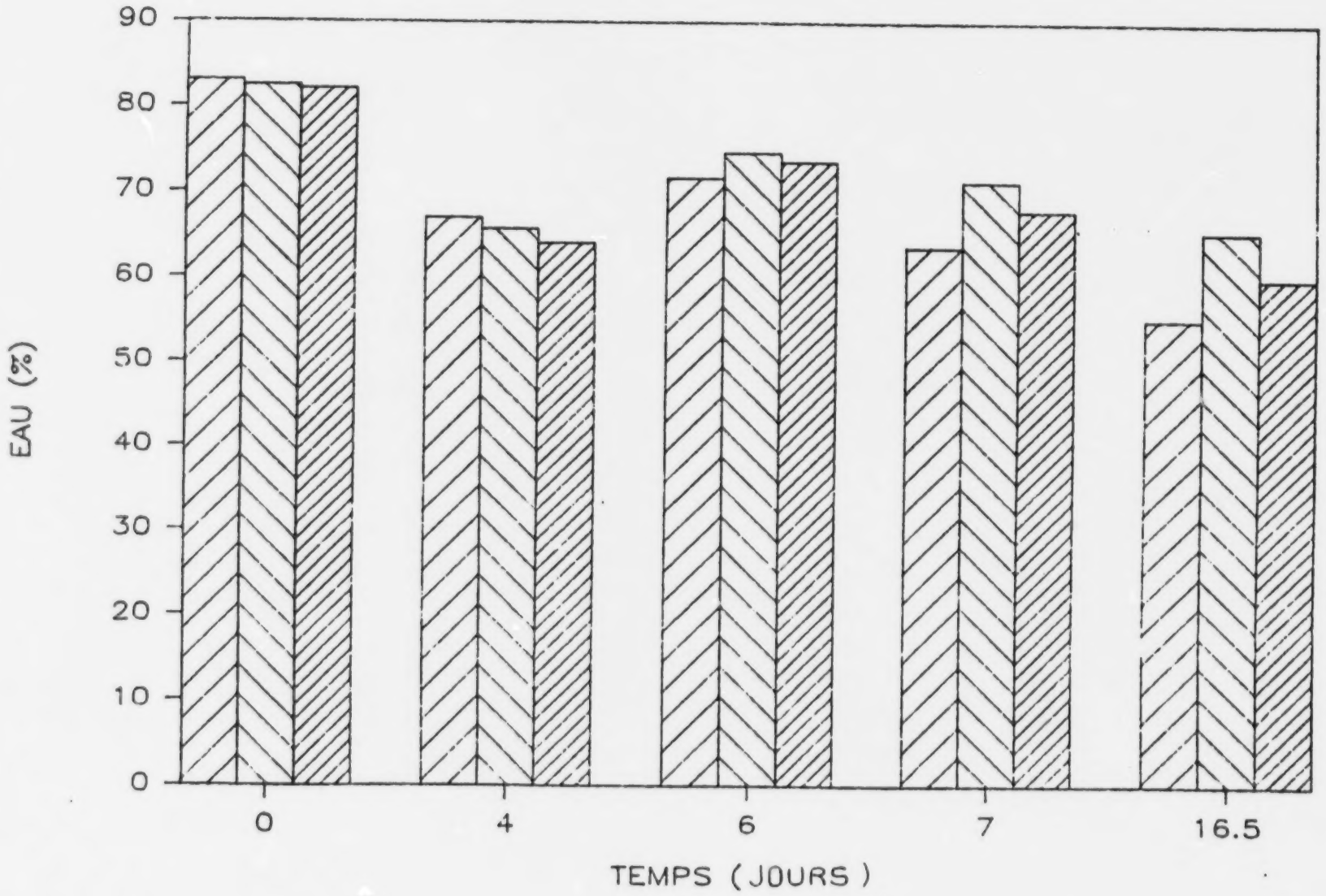

90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
EAU (%)
0
4
6
7
16.5
TEMPS (JOURS)

Figure 42: Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, catégorie moyenne, subdivisée en couches, lors de la transformation incluant un séchage combiné, durant la saison d'automne.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

0: morue fraîche

4: après saumure

10: avant séchoir (après 4 jours dehors)

19,5: après 19 h de séchage

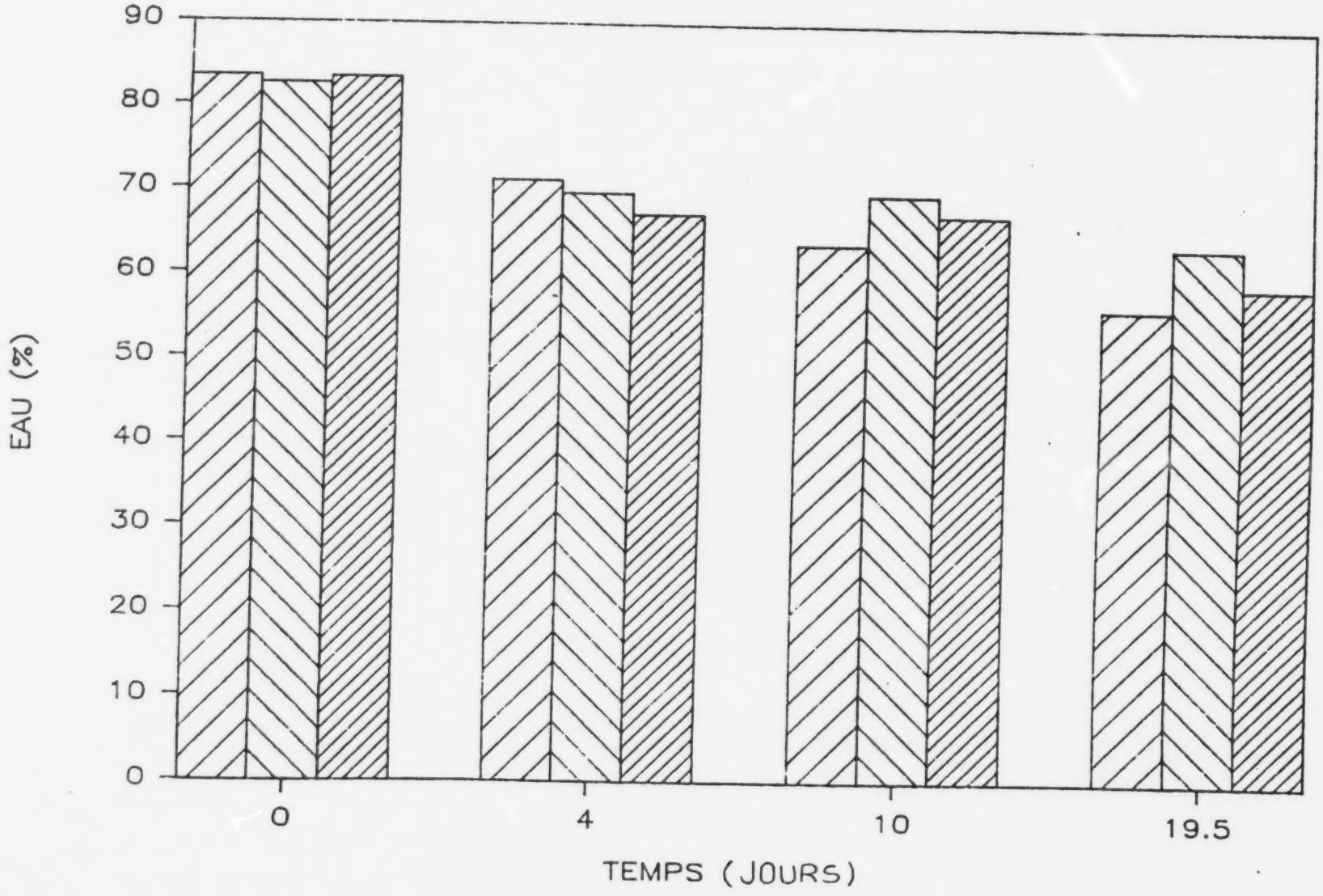

90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
EAU (%)
0
4
10
19.5
TEMPS (JOURS)

Figure 43: Évolution de la teneur en eau de la chair de morue, catégorie grosse, subdivisée en couches, lors de la transformation incluant un séchage combiné, durant la saison d'automne.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

couche 4

couche 5

0: morue fraîche

5: après saumure

12: après transpilage

14: après 2 jours de séchage à l'extérieur

23,5: après 19 h au séchoir

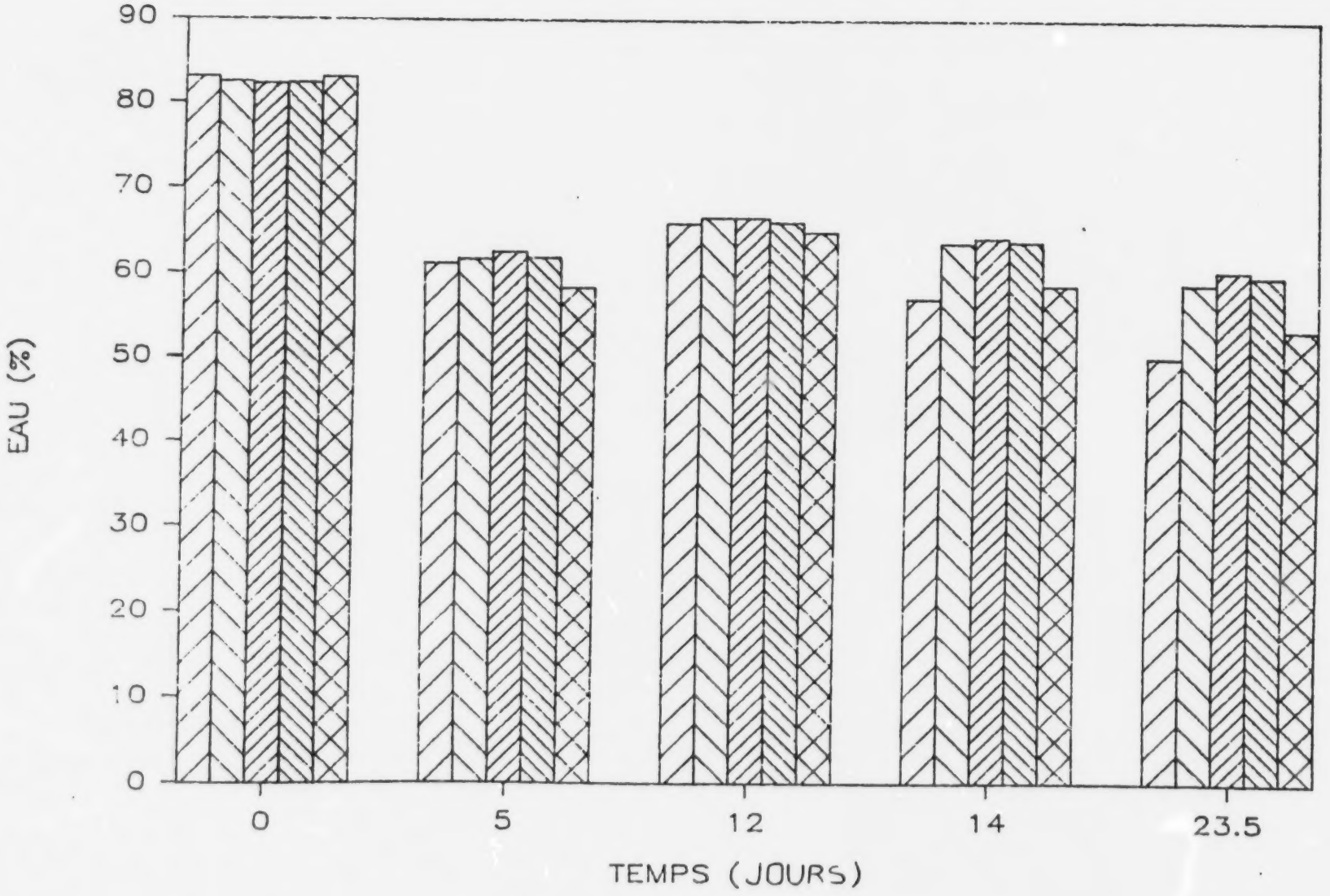

90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
EAU (%)
0
5
12
14
23.5
TEMPS (JOURS)

Figure 44: Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie petite, subdivisée en couches, lors de la transformation incluant un séchage combiné, durant la saison d'automne.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

0: morue fraîche

4: après saumure

6: après transpilage

7: avant séchoir (après 1 jour dehors)

16,5: après 19 h au séchoir

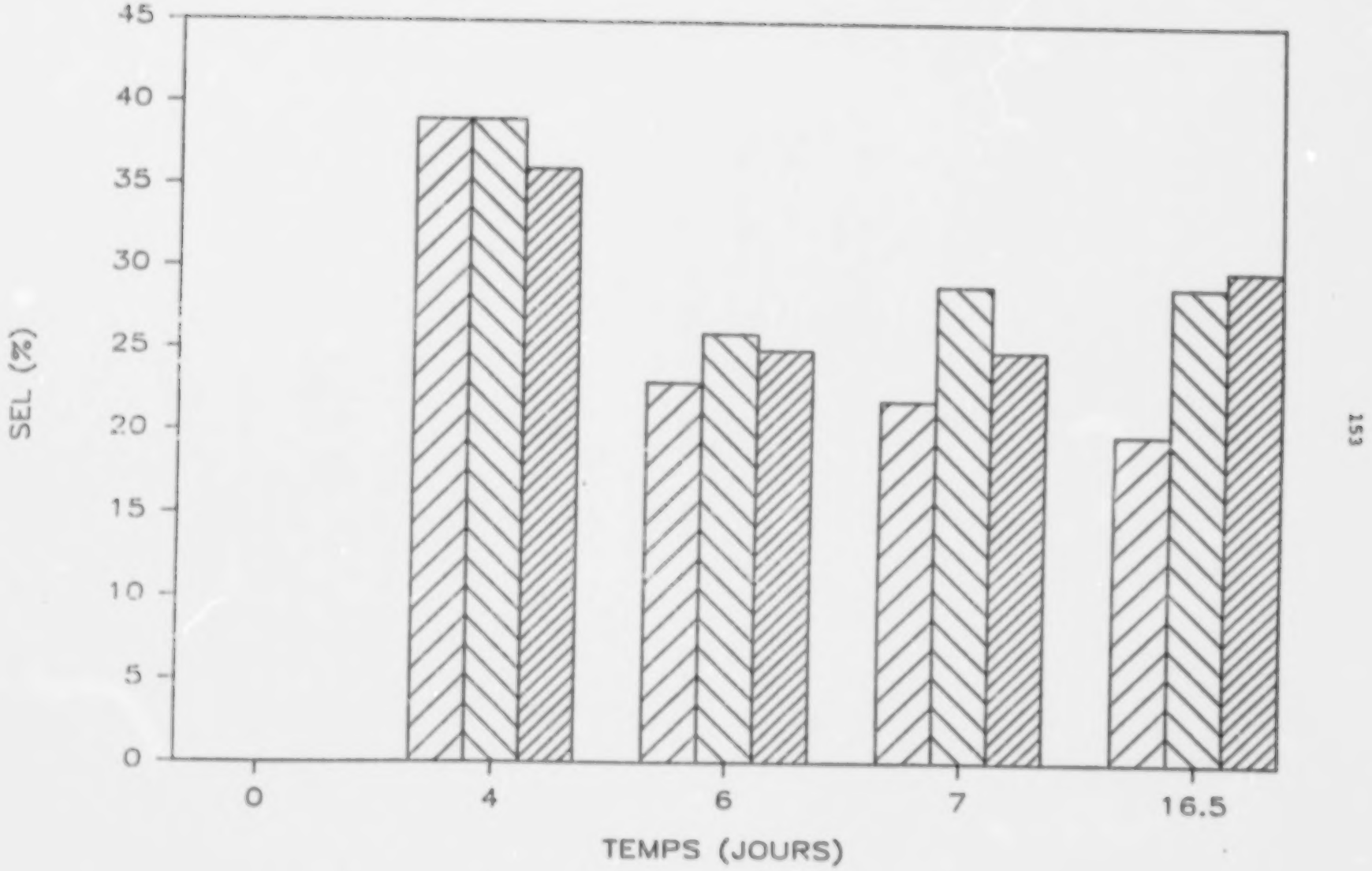

45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
SEL (%)
0
4
6
7
16.5
TEMPS (JOURS)

Figure 45: Évolution de la teneur en sel de chair de morue, catégorie moyenne, subdivisée en couches, lors de la transformation incluant un séchage combiné, durant la saison d'automne.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

0: morue fraiche

4: après saumure

10: après transpilage

14: avant séchoir (après 4 jours à l'extérieur)

23,5: après 19 h de séchoir

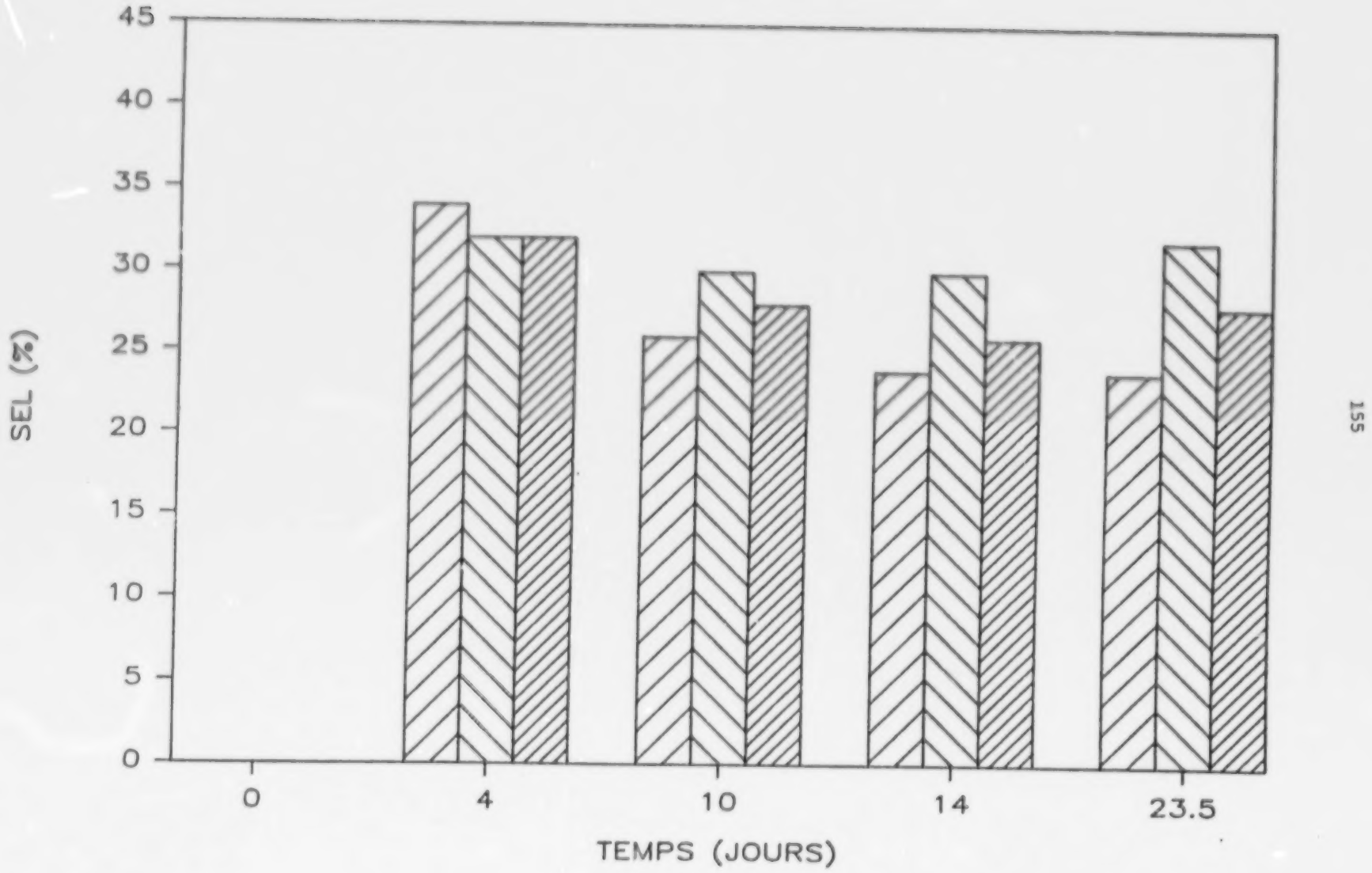

45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
SEL (%)
0
4
10
14
23.5
TEMPS (JOURS)

Figure 46: Évolution de la teneur en sel de la chair de morue, catégorie grosse, subdivisée en couches , lors de la transformation incluant un séchage combiné, durant la saison d'automne.

Légende:

couche 1

couche 2

couche 3

couche 4

couche 5

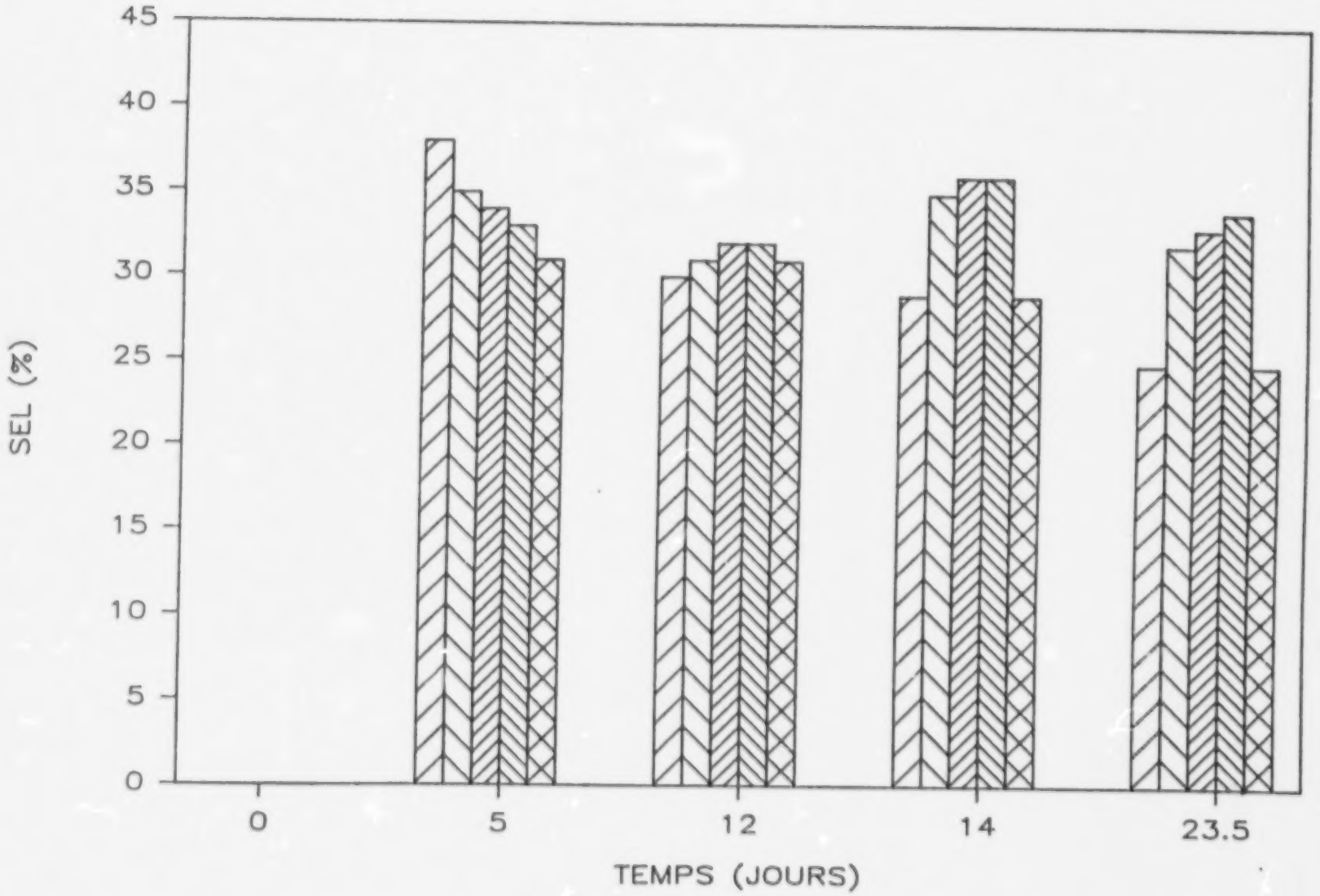
0: morue fraîche

5: après saumurage

12: après transpilage

14: avant séchoir (après 2 jours à l'extérieur)

23,5: après 19 h au séchoir


45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
SEL (%)
0
5
12
14
23.5
TEMPS (JOURS)

6.3.3 Texture

La première section de la Figure 47 correspond exactement à celle de la production traditionnelle. Pour la deuxième section, on dénote toujours les mêmes observations concernant la pénétrométrie en fonction de la teneur en eau, c'est-à-dire l'atteinte du point zéro lorsque le produit possède une teneur d'environ 50 % en eau.

Il convient donc de conclure qu'un contrôle de salage et des températures de saumurage combinés à un procédé de séchage plus adéquat pourraient permettre au producteur d'obtenir un produit fini plus uniforme d'une production à l'autre.

6.3.4 Aw

Le temps passé au séchoir a permis dans ce cas-ci (Tabl. 13) d'abaisser l'activité de l'eau. Il est difficile d'évaluer l'effet du séchage sur l'aw versus grosseur, car les teneurs en sel varient trop d'une catégorie à l'autre. La correspondance établie entre l'état de l'échantillon et l'activité de l'eau n'est que confirmée.

Même si les teneurs en eau et en sel indiquent une carence certaine au niveau du séchage mécanique, l'analyse de l'aw est un meilleur indice quant à l'effet de celui-ci sur la conservation du produit. L'évaluation de l'activité de l'eau n'a fait que confirmer le problème.

Figure 47: Mesure de la texture de la chair de morue lors du séchage au séchoir mécanique (après période de séchage extérieur), durant la saison d'automne.

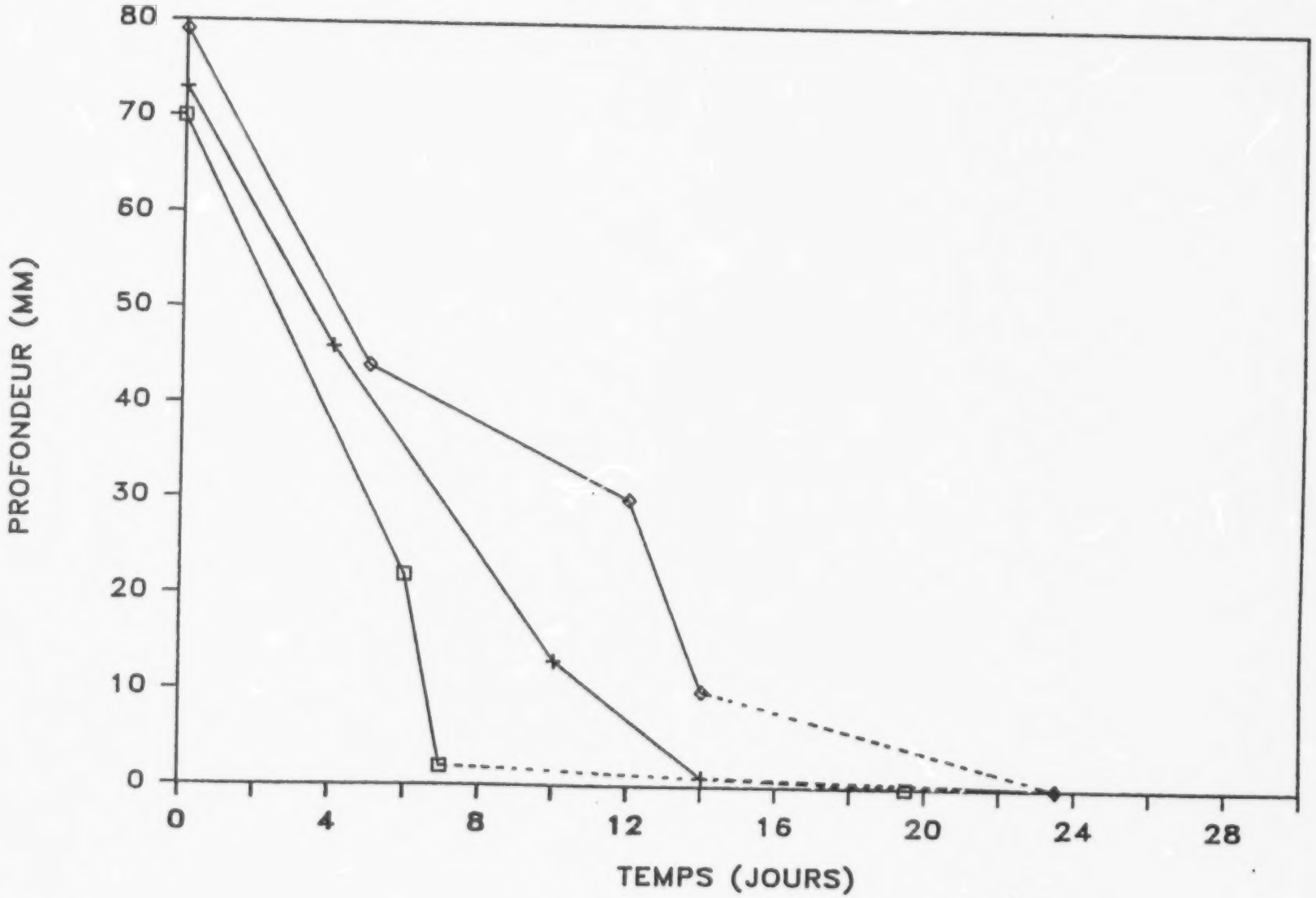
Légende:

petite

moyenne

grosse

0-4-8: référer aux Figures 42 à 44


80
70
60
50
40
30
20
10
0
PROFONDEUR (MM)
0
4
8
12
16
20
24
28
TEMPS (JOURS)

6.3.5 Couleur

L'augmentation des proportions de rouge et de vert au détriment du bleu ne fait que renforcer les observations obtenues jusqu'à présent (Fig. 48 à 50). Le comportement de la luminance (Tabl. 14) est le même que celui observé plus tôt (Tabl. 3) c'est-à-dire une légère baisse de celle-ci lors du séchage.

Des problèmes techniques ont limité l'échantillonnage, mais les indications que semblent donner les résultats recueillis sont intéressantes et pourraient servir de point de départ à différents travaux portant sur l'effet de chaque étape sur la couleur; ces travaux pourraient peut-être même aider à isoler les facteurs responsables de cette coloration.

6.3.6 Microbiologie

L'augmentation importante des comptes microbiologiques (sauf levures-moisissures) lors de l'étape de séchage au séchoir pour deux des trois catégories ne fait que supporter les nombreux résultats obtenus jusqu'ici, démontrant le piètre rendement du séchoir utilisé (Tabl. 15).

Tableau 13: Mesure du Aw lors de la fabrication du Gaspé Cured pour la production d'automne selon le procédé incluant un séchage combiné.

Catégorie	Etape (a)	Etat (b)	Activité de l'eau
Petite	Jour 25 T=0	D++	.899
	Jour 25 T=19	B	.867
Moyenne	Jour 25 T=0	B	.881
	Jour 25 T=19	B	.834
Grosse	Jour 25 T=0	B	.824
	Jour 25 T=19	B	.755

(a) Référer aux figures

(b) Référer légende tableau 2

Figure 48: Mesure de la chromaticité de la chair de morue, catégorie petite, en fonction du temps lors du séchage au séchoir mécanique (après 3 jours de séchage à l'extérieur) durant la saison d'automne.

Légende:

rouge

vert

bleu

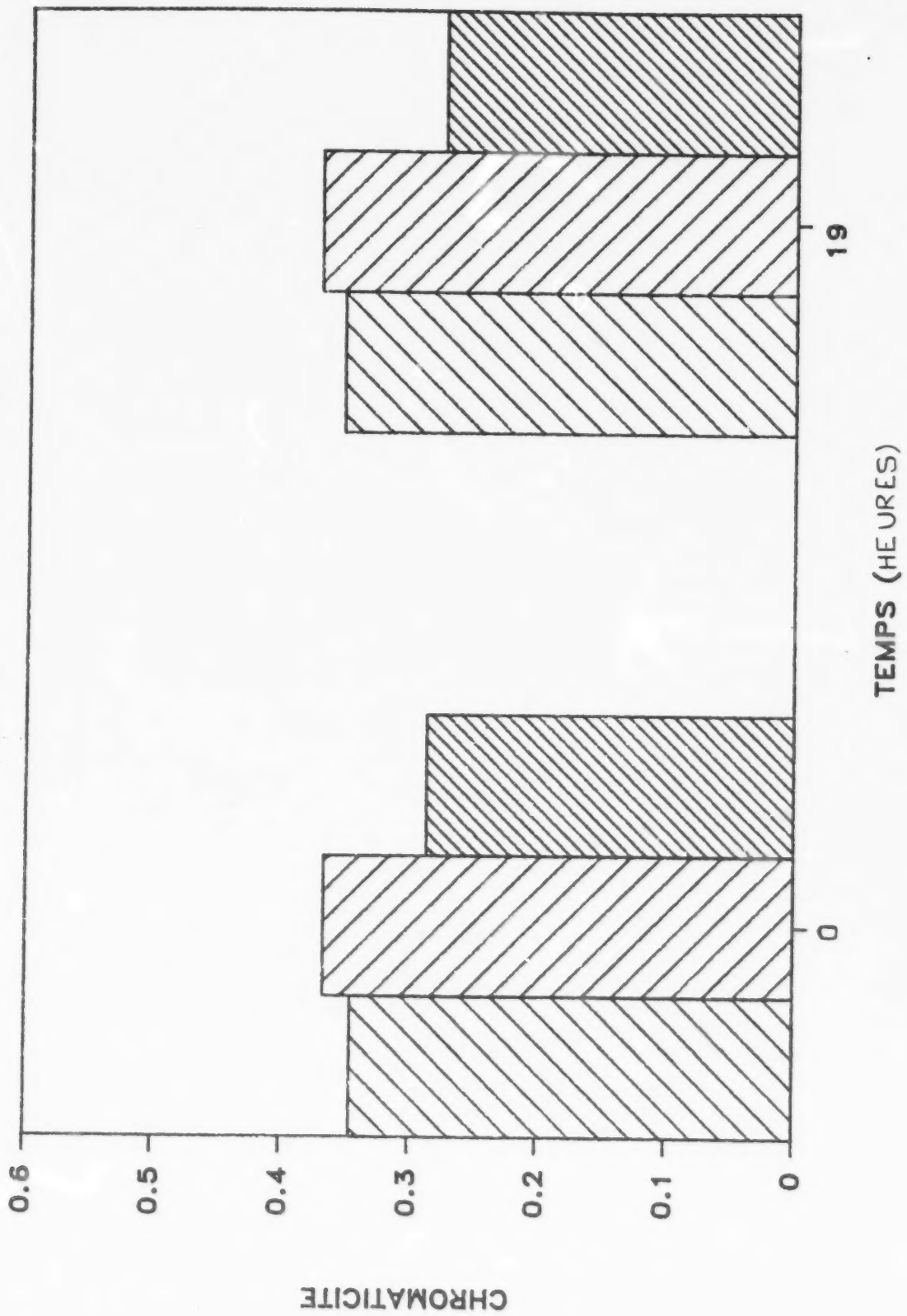

CHROMATICITE
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0
19
TEMPS (HEURES)

Figure 49: Mesure de la chromaticité de la chair de morue, catégorie moyenne, en fonction du temps lors du séchage au séchoir mécanique (après 3 jours de séchage à l'extérieur), durant la saison d'automne.

Légende:

rouge

vert

bleu

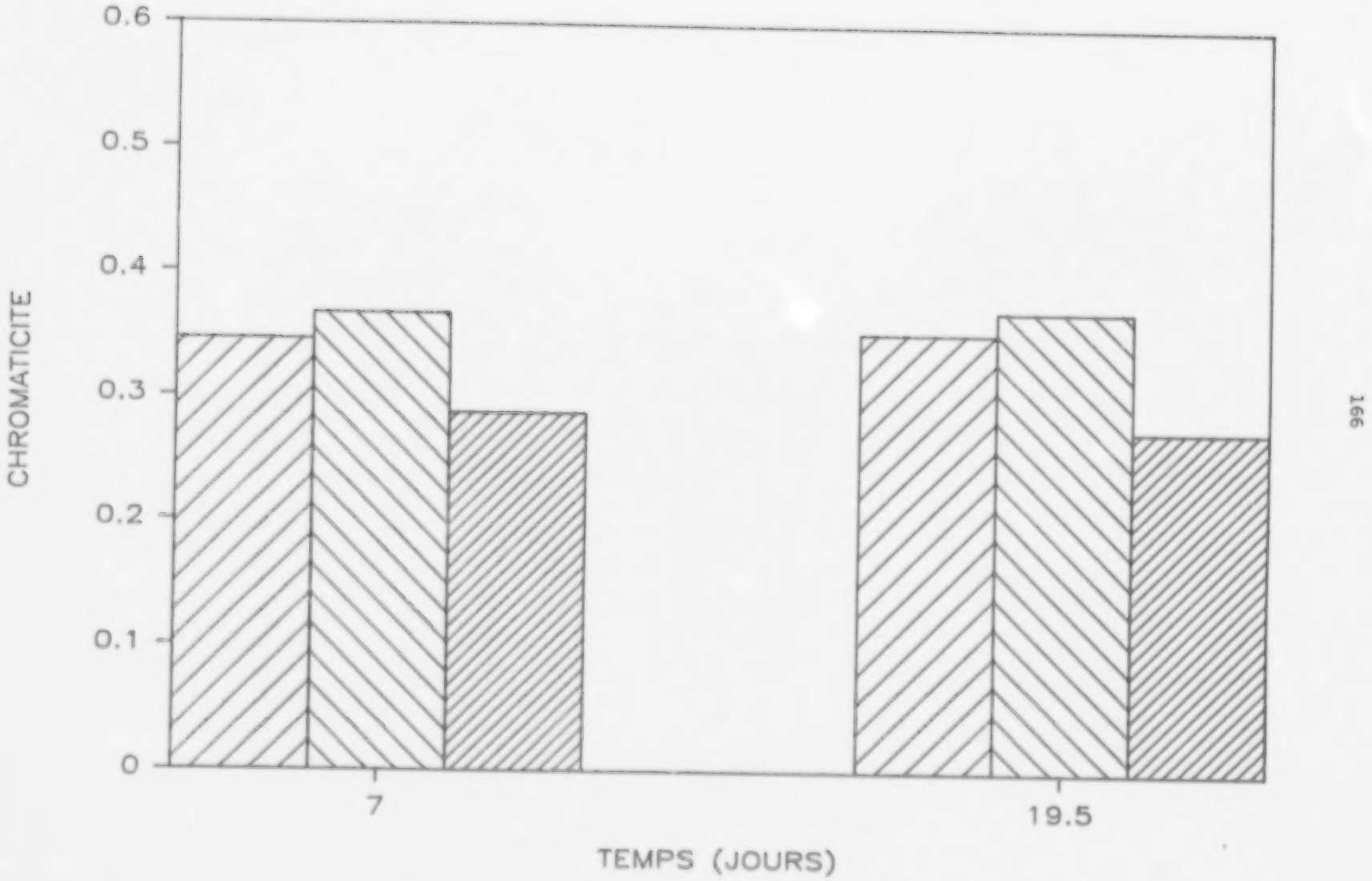

0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
CHROMATICITE
7
19.5
TEMPS (JOURS)

Figure 50: Mesure de la chromaticité de la chair de morue, catégorie grosse, en fonction du temps lors du séchage au séchoir mécanique (après 4 jours de séchage à l'extérieur), durant la saison d'automne.

Légende:

rouge

vert

bleu

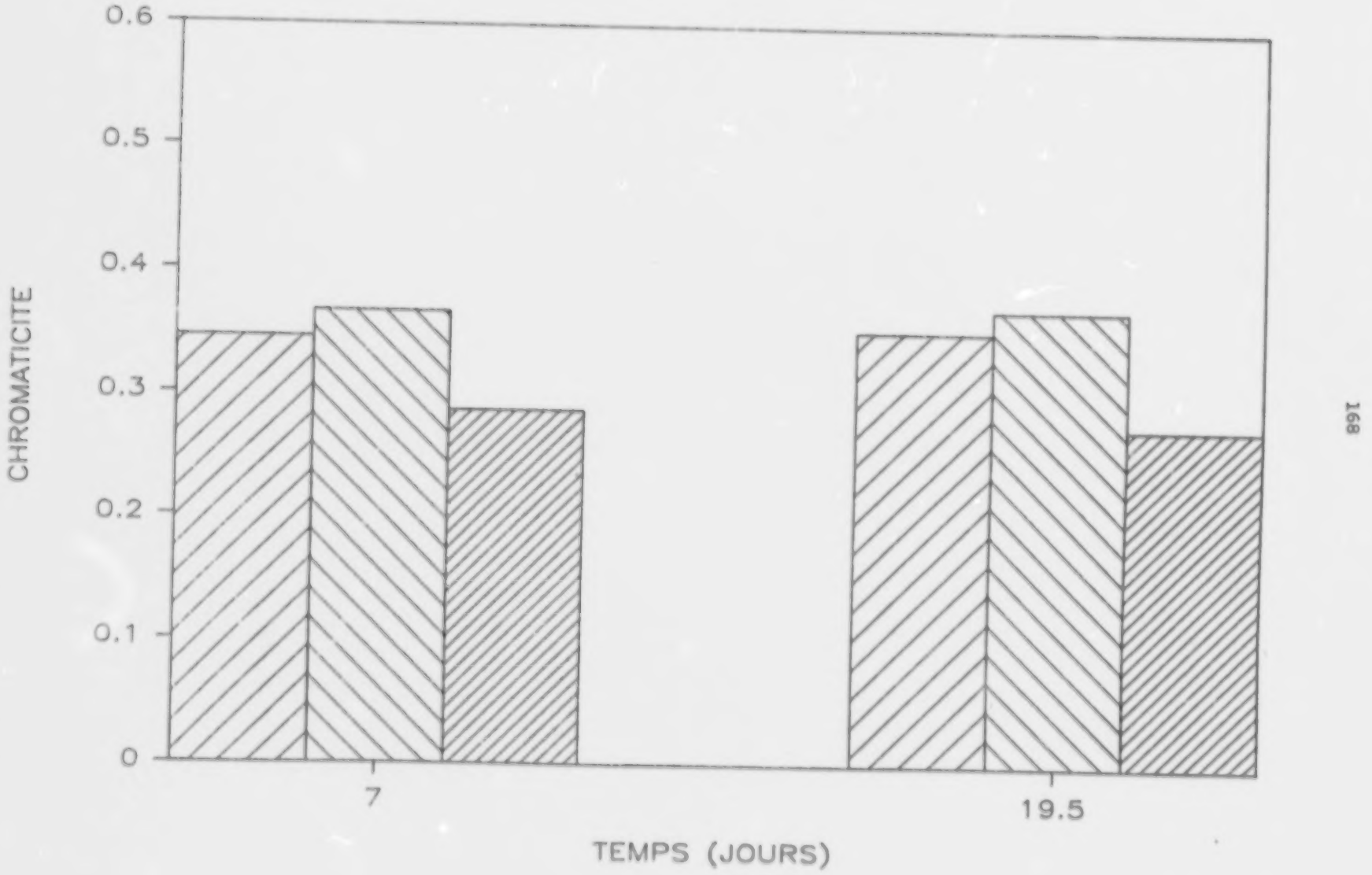

0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
CHROMATICITE
7
19.5
TEMPS (JOURS)

Tableau 14:Variation de la luminance lors de la fabrication du Gaspé Cured lors du séchage mécanique (après séchage partiel à l'extérieur) pour la saison d'automne.

Catégorie	Temps (jours)	Luminance (S.V.)
Petite	T = 0	19,39
	T = 19	16,95
Moyenne	T = 0	21,57
	T = 19	18,17
Grosse	T = 0	19,36
	T = 19	18,77

Tableau 15: Evolution des comptes microbiologiques lors de la fabrication du Gaspé Cured selon le procédé incluant un séchage combiné pour la saison d'automne.

Catégorie	Etape	Age (j)	PCA bactéries/cm^2	TSA halophiles/cm^2	PDA levures-moisissures $cm/^2$	VRBA coliformes/cm^2
Petite	Jour 25 T 0	2	3858	9333	-	6
	Jour 26	2	136558	28808	-	95
Moyenne	Jour 25 T 25	2	1558	2600	-	-
	Jour 26	2	148333	30292	-	17
Grosse	Jour 25 T 0	2	50	117	-	-
	Jour 26	2	67	317	-	7

7. Microscopie

Les photographies de la morue fraîche (Fig. 51) montre une structure intègre lisse en surface (A). Les observations en coupe indiquent toutefois un changement de cette morphologie; il y a concentration du vallonnement du tissu de la surface vers la peau. Hormis l'intégrité du tissu, il faut éviter de trop se concentrer sur les détails morphologiques de celui-ci, car l'influence de la préparation de la coupe n'est pas connue.

L'influence de la phase de saumurage sur l'apparence du tissu (Fig. 52) est caractérisée par l'apparition de fissures à la suite du dessèchement. La couche 1 est celle la moins affectée. La répartition du sel à l'intérieur du tissu se concentre à l'intérieur des crevasses. L'absence de sel à la surface (52A) est explicable par l'effet d'entraînement ("drainage") occasionné par la sortie du poisson de la saumure.

La morphologie du tissu après pilage (Fig. 53) ne diffère pas tellement de celle après saumure. La surface semble légèrement plus déshydratée comparativement à l'étape précédente. L'intégrité du tissu est sensiblement la même qu'après saumurage. Après transpilage (Fig. 54), on note l'apparition du sel en surface ainsi qu'une meilleure répartition du sel à l'intérieur des couches. L'intégrité du tissu semble toutefois peu affectée.

Ces observations concernant les premières étapes sont pratiquement les mêmes, sans égard aux productions analysées. La principale différence pouvait se situer au niveau de l'intensité des crevasses qui sont fonction de l'importance du dessèchement (force de la saumure).

Le produit fini issu du procédé traditionnel (Fig. 55) possède une surface complètement recouverte de sel. Il y aurait donc sortie partielle du sel du tissu, formant ainsi cette couche protectrice de sel, expliquant par le fait même les faibles comptes microbiologiques. La Figure 55C est celle qui possède la structure la plus lisse; en conséquence, l'hydratation est meilleure, ce qui ne fait que confirmer les remarques antérieures. Il est difficile de faire le même rapprochement avec les teneurs en sel, puisque celles-ci étaient données sur base sèche.

L'intégrité du tissu après 6 heures de séchage au séchoir mécanique (Fig. 56) n'est pratiquement pas différente de celle présentée après transpilage (Fig. 54), ce qui indique bien que le rendement du séchoir est déficient. Même après 15 heures (Fig. 57), la surface du tissu n'a pas subi de déshydratation prononcée et l'absence de sel à la surface explique bien le phénomène de graissage observé (Fig. 58). Ce phénomène s'est donc manifesté malgré la présence importante de sel à l'intérieur du tissu (Fig. 57B-C-D). Le transfert de la morue salée-séchée à l'extérieur (production automnale au séchoir mécanique) après quelques heures a permis de sauver le produit (Fig. 59) et d'obtenir des résultats comparables à la production traditionnelle (Fig. 55). Ceci laisse donc croire que la physionomie du tissu, suite au séchage combiné (Fig. 60), est en grande partie causée par les 7 jours de séchage à l'extérieur et non aux 10 heures de séchage mécanique. Il a donc fallu, encore une fois, transférer le poisson à l'extérieur pour obtenir un produit (Fig. 61) comparable à celui obtenu par séchage traditionnel (Fig. 55).

Figure 51: Apparence du tissu de morue après tranchage.

(A) en surface

(B) (C) et (D) couches 1, 2 et 3 en coupe.

Figure 52: Apparence du tissu de morue salée après l'étape de saumurage.

(A) en surface

(B) (C) et (D) couches 1, 2 et 3 en coupe.

Figure 53: Apparence du tissu de morue salée après pilage.

(A) en surface

(B) (C) et (D) couches 1, 2 et 3 en coupe.

Figure 54: Apparence du tissu de morue salée après transpilage.

(A) en surface

(B) (C) et (D) couches 1, 2 et 3 en coupe.

Figure 55: Apparence du tissu de morue salée-séchée après séchage selon le procédé traditionnel.

(A) en surface

(B) (C) et (D) couches 1, 2 et 3 en coupe.

Figure 56: Apparence de la chair de la morue salée-séchée après 6 heures de séchage au séchoir mécanique effectué après transpilage.

(A) en surface

(B) (C) et (D) couches 1, 2 et 3 en coupe

Figure 57: Apparence du tissu de morue salée-séchée après 15 heures de séchage au séchoir mécanique.

(A) en surface

(B) (C) et (D) couches 1, 2 et 3 en coupe.

Figure 58: Apparence du phénomène de graissage à la surface d'une morue salée-séchée.

Figure 59: Apparence du tissu de morue salée-séchée, préalablement séchée au séchoir mécanique, puis à l'extérieur.

(A) en surface

(B) (C) et (D) couches 1, 2 et 3 en coupe.

Figure 60: Apparence du tissu de morue salée-séchée après séchage durant 7 jours à l'extérieur et 10 heures au séchoir mécanique.

(A) en surface

(B) (C) et (D) couches 1, 2 et 3 en coupe.

Figure 61: Apparence du produit fini après transformation incluant le séchage combiné.

(A) en surface

(B) (C) et (D) couches 1, 2 et 3 en coupe.

8. Conclusion et recommandations

Étant donné l'ampleur du travail réalisé et la dispersion relative des résultats présentés dans ce rapport, il semble utile de reprendre certaines recommandations effectuées à l'intérieur des différentes sections.

L'accomplissement de ces travaux a été soumis aux contraintes d'un producteur industriel, provoquant ainsi quelques modifications au protocole prévu initialement. Toutefois, les résultats obtenus ont quand même permis de remplir les objectifs fixés.

Les bilans de matières d'eau et de sel ont démontré, hors de tout doute, que la production du Gaspé Cured n'est pas uniformisée; d'importantes variations se produisent tout le long du procédé, et ce, indépendamment de celui que l'on utilise. Malgré ces variations, le comportement (profil) du produit tissu-eau-sel se généralisait d'un procédé à l'autre.

La standardisation de l'étape de salage diminuerait considérablement les variations remarquées lors des étapes d'empilage ainsi que pour celles qui suivent. Différents travaux antérieurs à celui-ci dénonçait le peu d'uniformité de la concentration de la saumure à l'intérieur d'un même bac. La façon d'y remédier consisterait en premier lieu à éliminer, sinon à diminuer l'impact de l'erreur humaine. L'utilisation d'un bec doseur permettrait d'éviter les fluctuations lors de l'addition d'une quantité fixe de sel par le saleur. Considérant que le sel à la surface de la saumure tend à se déposer dans le fond du bac, il conviendrait en deuxième lieu, de varier la quantité de sel ajoutée selon la position du poisson dans le réservoir, c'est-à-dire d'établir un gradient de sel au départ (plus concentré sur le dessus) de façon à ce que

l'homogénéité de la saumure s'établisse lorsque le sel se déposera dans le fond. Des travaux ultérieurs pourraient permettre d'établir le gradient susceptible d'offrir les meilleurs résultats.

Un contrôle plus rigoureux des autres étapes serait également souhaitable. Il faudrait éviter en outre, de piler le poisson dans la chambre de saumurage où l'humidité relative de l'air est élevée. L'utilisation d'une chambre réfrigérée est préférable à l'addition de sel lors d'un retard au niveau du séchage.

L'utilisation du séchoir dans son état actuel ne permet pas la fabrication du Gaspé Cured. Sa production demeure, pour l'instant, soumise aux caprices de Dame Nature. Les modifications recommandées, (dans la partie ÉVALUATION DES PERFORMANCES ENERGÉTIQUES DU SÉCHOIR OPÉRANT SUR LE PRINCIPE DE LA THERMO POMPE de cette étude) pourraient toutefois modifier considérablement les résultats. Une nouvelle évaluation du produit serait alors préférable. Une fois tout le procédé standardisé, il sera possible de déterminer l'importance de la fraîcheur du produit initial.

L'emploi d'un pénétromètre, une fois le procédé uniformisé, pourrait également éliminer complètement l'emploi de la règle du pouce. La calibration d'un tel appareil en fonction du pourcentage d'eau est représentative (voir résultats de texture) et facilement réalisable.

Considérant l'importance de la couleur sur le classement du produit fini, une étude plus poussée en vue d'en identifier les paramètres d'origine serait pertinente. Les résultats obtenus ont permis de repérer la section du procédé où la variation de couleur est la plus importante (avant séchage) et de mieux

mieux cerner le problème. L'importance de la dénaturation des protéines en fonction de la couleur pourrait être le sujet de travaux ultérieurs pouvant conduire à une explication du phénomène de changement de couleur caractéristique de la morue.

Il convient également de souligner à nouveau les conditions spéciales qui ont prévalu lors de cette étude, et ce, non seulement pour ces auteurs, mais également pour les producteurs; des conditions climatiques difficiles, des problèmes mécaniques inhérents au séchoir, un retard dans la construction de l'entrepôt frigorifique, des conditions de vente très critiques, voilà autant de contraintes auxquelles ont dû faire face les principaux intervenants dans la réalisation de cette étude.

ÉTUDE D'ÉVALUATION DE PERFORMANCE SYSTEME DE SÉCHAGE DE MORUE SALÉE PÊCHES ET OCÉANS CANADA USINE "POISSON SALÉ GASPÉSIEN LTÉE"

1984

Ministère des Pêches et des Océans

901, Cap Diamant

Québec, Qc

Angers, Drouin, Simard et associés Ltée, 2014, Boul. Charest Ouest, Sainte-Foy, Québec.

But du rapport

Le but de ce document est:

- d'analyser les performances actuelles du système;

- de formuler des recommandations pour une utilisation plus rationnelle de l'énergie nécessaire au séchage.

Procédures entreprises

En tout premier lieu, cette étude a consisté en un examen complet des plans et devis et, par la suite, les ingénieurs et les techniciens de "ADS associés Ltée" se sont rendus à l'édifice de la compagnie "Poisson Salé Gaspésien Ltée" dans le but d'étudier l'opération actuelle du système.

A cet effet, des relevés approfondis furent effectués pendant le traitement de trois (3) lots de poissons totalisant au-delà de quarante-trois (43) heures de fonctionnement. Lors des relevés, les variables suivantes furent mesurées:

- pression de succion et de décharge des compresseurs;

- température à la succion et à la décharge des compresseurs;

- température de bulbe sec et bulbe humide au retour et à l'alimentation;

- température des serpentins de déshumidification et de réchauffage;

- quantité d'eau condensée;

- vitesse d'air dans le séchoir;

- charge électrique;

- débit des ventilateurs.

Une discussion a également eu lieu avec le personnel en place pour cerner avec précision les paramètres importants.

Il faut remercier le personnel administratif de "Poisson Salé Gaspésien Ltée" et monsieur Lucien Pomerleau de l'Université Laval pour son excellente collaboration lors de la préparation de ce rapport.

Cheminement de l'étude

Cette étude est divisée en trois (3) parties, soit:

- Caractéristiques et opérations actuelles du système.

- Propositions et recommandations pour une utilisation plus rationnelle de l'énergie.

- Conclusion

1.Caractéristiques et opérations actuelles du système

Cette partie de l'étude traite des sujets suivants:

1.1 Description générale du système.

1.2 Relevés des équipements

1.3 Comportement du système en opération.

1.4 Analyse des données recueillies.

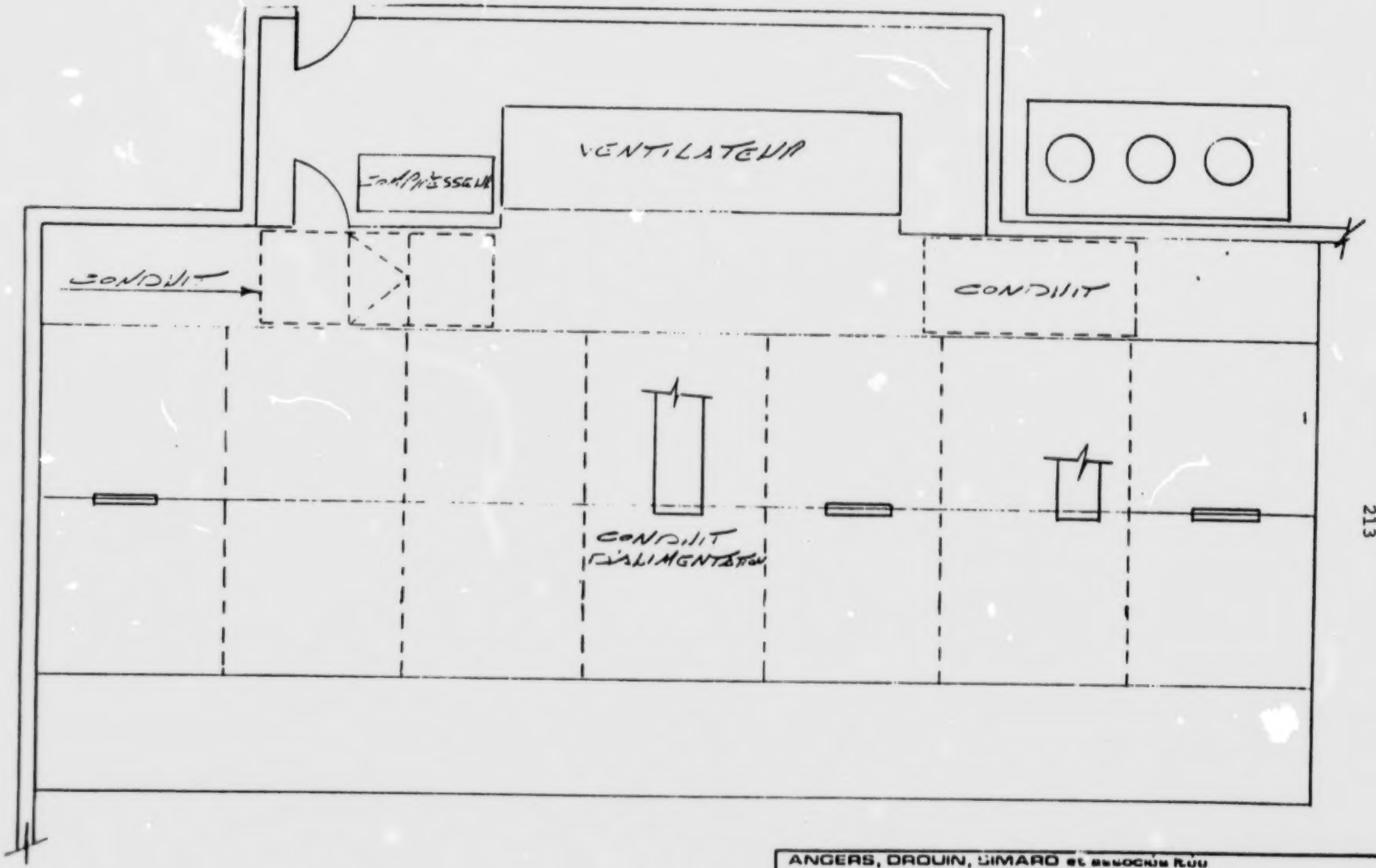
1.1 Description générale du système

Le séchoir étudié est situé à Grande Rivière à l'usine de "Poisson Salé Gaspésien Ltée" et a été installé par la compagnie Uraken, spécialisée dans le séchage par déshumidification.

Le séchoir d'une capacité de 10 000 kg peut contenir jusqu'à 28 chariots (sept rangées de quatre chariots) de douze (12) tablettes. Il occupe une surface de 120 m2 (voir Fig. nos 1 et 2). Une petite salle de mécanique lui est atténante où se localise la chambre électrique et la thermo-pompe.

Le système de séchage est composé de:

- une (1) pompe à chaleur;
- un (1) serpentin électrique de préchauffage;
- huit (8) ventilateurs de 283 160 litres minute;
- un (1) condenseur extérieur.



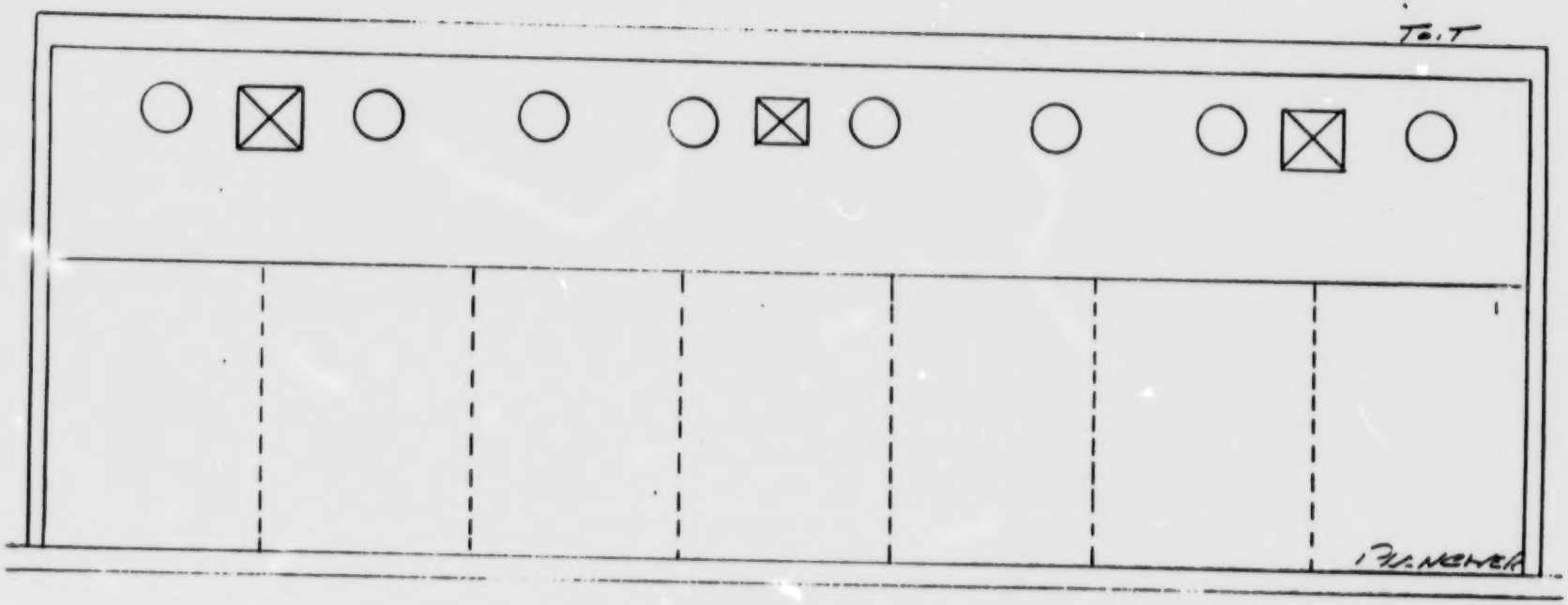
213

ANGERS, DROUIN, DIMARO et associés R.D.D.

titre du projet:	titre du dessin:
BECHOIR A BISSON	VUE EN PLAN

architecte:

revisions	dessiné par:	échelle:	projet no:
			75.001
	vérifié par:	date:	feuille no:



214

ANGERS, DROUIN, LIMARD et associés inc.

titre du projet:	titre du dessin:
SCIVOT A 15.000N	VUE EN ELEVATION

architecte:

revisions	dessiné par:	échelle:	projet no:
	vérifié par:	date:	feuille no:

1.2 Relevés des équipements

Cette partie de l'étude est subdivisée de la façon suivante:

- Relevés de la ventilation
- Relevés du chauffage
- Relevés de réfrigération
- Enveloppe du bâtiment

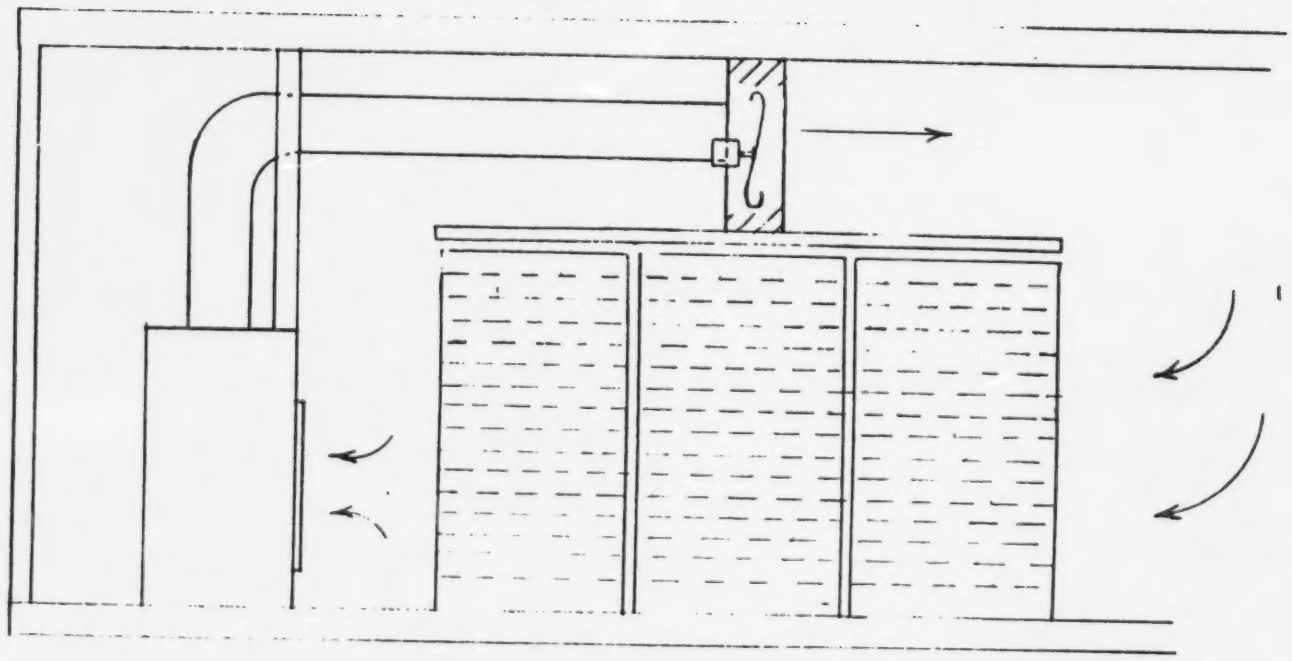
1.2.1 Relevés de la ventilation

Tableau des systèmes de ventilation

SYST NO	TYPE DE SYSTEME	P.C.M. AIR EXT.				CONTROLE P.A.F.			DESHUMIDIFICATION
		0%	10%	100%	AUTRES	HORLOGE	TEMP. MEL. °C	BOUTON POSITION MINIMALE	TYPE
1	Uraken	X				-	-	-	Via l'évaporateur de la pompe à chaleur

Tableau des systèmes de ventilation

DESCRIPTION	SYST. N°	ALI	RETOUR	EVAC.	TYPE DE VENTILATEUR	DEBIT l/s	P.S. (kPa)	T.P.M.	h.p.	AMP	kW	V/PH/CY
	1	X	X		Uraken Can.	11 410	0,298	829	25	21,0		615/3/60
	1		X		Woods 30JR	5 799		1 081	2	2,38		615/3/60
	2		X		Woods 30JR	6 153		1 070	2	2,29		615/3/60
	3		X		Woods 30JR			1 080	2	2,45		615/3/60
	4		X		Woods 30JR			1 076	2	2,38		615/3/60
	5		X		Woods 30JR			1 075	2	2,63		615/3/60
	6		X		Woods 30JR	5 754		1 054	2	2,62		615/3/60
	7		X		Woods 30JR			1 070	2	2,40		615/3/60
	8		X		Woods 30JR	5 367		1 065	2	2,58		615/3/60
Coté chambre froide	1-2		X		Brook Crompton Parkinson	6 314		1 768	1	1,86		615/3/60
Coté chambre	1-2		X		Brook Crompton Parkinson	6 025		1 763	1	1,84		615/3/60



219

ANGERS, DROUIN, LIMARD et associés Inc.
(private consultants)

titre du projet:	titre du dessin:
SECTION A BISSON	VUE EN ELEVATION

architecte:

revisions	dessiné par:	échelle:	projet no: 75-001
	vérifié par:	date:	feuille no:

1.2.2 Relevés du chauffage

Après avoir été déshumidifié, l'air maintenant froid doit être réchauffé. L'énergie soutirée durant la déshumidification est restituée via un serpentin de chauffage en récupérant une partie de la chaleur contenue dans les gaz chauds sortant des compresseurs.

De plus, dans le but d'assurer une protection supplémentaire dans l'éventualité de conditions extrêmes, un serpentin électrique de 100 kW est automatiquement mis sous tension pour maintenir constante la température de l'enceinte.

1.2.3 Relevés de la réfrigération

A) Fonctionnement du système pompe à chaleur:

Pour s'assurer une bonne qualité du produit fini, les différents paramètres influençant le séchage du poisson (température, taux d'humidité, etc.) doivent être contrôlés tout au long du processus. Dans le cas d'espèce, c'est une pompe à chaleur qui assure le traitement de l'air. Cette pompe à chaleur remplit les fonctions suivantes:

- Déshumidification:

En passant au travers du serpentin de l'évaporateur, l'air cède une partie de la chaleur qu'il contient. Cette perte abaisse le point de rosée ce qui provoque la condensation de l'humidité.

- Réchauffage:

Après avoir été déshumidifié, l'air maintenant froid doit être réchauffé. Cette chaleur lui est restituée en récupérant, à l'aide d'un échangeur, une partie de l'énergie des gaz chauds provenant des compresseurs.

- Contrôle de la chaleur totale:

L'air étant utilisé en circuit fermé, les gains de chaleur liés aux différents équipements (ventilateurs, pompes, etc.) seraient suffisants pour élever de plusieurs dizaines de degrés la température du séchoir, ce qui serait nuisible à la qualité du poisson. Une partie de cette chaleur servant à combler les pertes d'enveloppes (s'il y en a), le reste est évacué au condenseur extérieur.

B) Relevés des équipements:

- Unité Uraken:

Modèle ..... LRH 235F53

Série 840312

Réfrigérant R-22

Charge ..... 180 livres

- Compresseurs:

	NO 1	NO 2
Modèle	06EM-199100	06EM-199170
Série	1384J00567	0180J00044
Moteur	06EC4110114	0E6B-410154
Voltage	575V/3Ø/60HZ	575V/3Ø/60HZ
RPM	1 800	1 800

C) Évaluation du système pompe à chaleur

Le système actuel de pompe à chaleur a été, depuis son installation, l'objet de défaillances à cause surtout des bris de compresseurs. Face à cet état de fait, il a fallu procéder à une analyse des conditions d'opération du système en place, nos conclusions sont les suivantes:

- Les diverses mesures mises en oeuvre soit de pression de succion, pression de décharge, température de succion et température de décharge, ont permis de constater que la surchauffe à la succion a été, en tout temps, supérieure à 6°C, ce qui indique qu'aucun fluide frigorigène liquide ne revient aux compresseurs. De plus, des lectures de température prises à la base du réservoir d'accumulation à l'aide d'un thermocouple qui lui était fixé, n'ont pas conduit à déceler aucun retour de liquide dans ce dernier.

- Les diverses mesures de pressions effectuées au cours des trois (3) essais n'ont pas permis de déceler aucune fluctuation d'importance.

- Un équilibre dynamique du niveau d'huile semble s'établir entre les deux (2) compresseurs. En effet, le niveau d'huile a tendance à fluctuer, sur une période de temps assez longue, d'environ 12 mm. Cette situation peut être, selon nous, qualifiée d'acceptable et il ne semble pas que ces fluctuations n'entraînent de problèmes dans l'avenir.

- L'écoulement d'eau de condensation sur le serpentin de déshumidification se fait d'une façon régulière et aucun entraînement n'a été constaté.

En conclusion, aucune des observations effectuées lors de notre visite n'a permis de constater une anomalie quelconque vis-à-vis le comportement normal d'un tel système. Par ailleurs, s'il advenait d'autres défaillances, il serait alors nécessaire d'effectuer une analyse plus approfondie de toutes les composantes du système de pompe à chaleur.

1.2.4 Enveloppe du bâtiment

Lors de notre visite nous avons procédé à une inspection visuelle de l'enveloppe du séchoir. Celle-ci a semblé en bon état et exempte de toute défectuosité. Cependant, il y aurait avantage à vérifier régulièrement l'état du calfeutrage et à installer des coupe-froid sur les portes pour éviter tout échange indésirable d'air avec l'extérieur.

1.3 Comportement du système en opération

Cette section se divise en quatre (4) parties:

- Relevés de la consommation électrique.
- Relevés de température et d'humidité.
- Quantité d'eau condensée.
- Distribution d'air.

1.3.1 Relevés de la consommation électrique

Durant le séchage des deux (2) derniers lots, la puissance totale absorbée par le système fut mesurée.

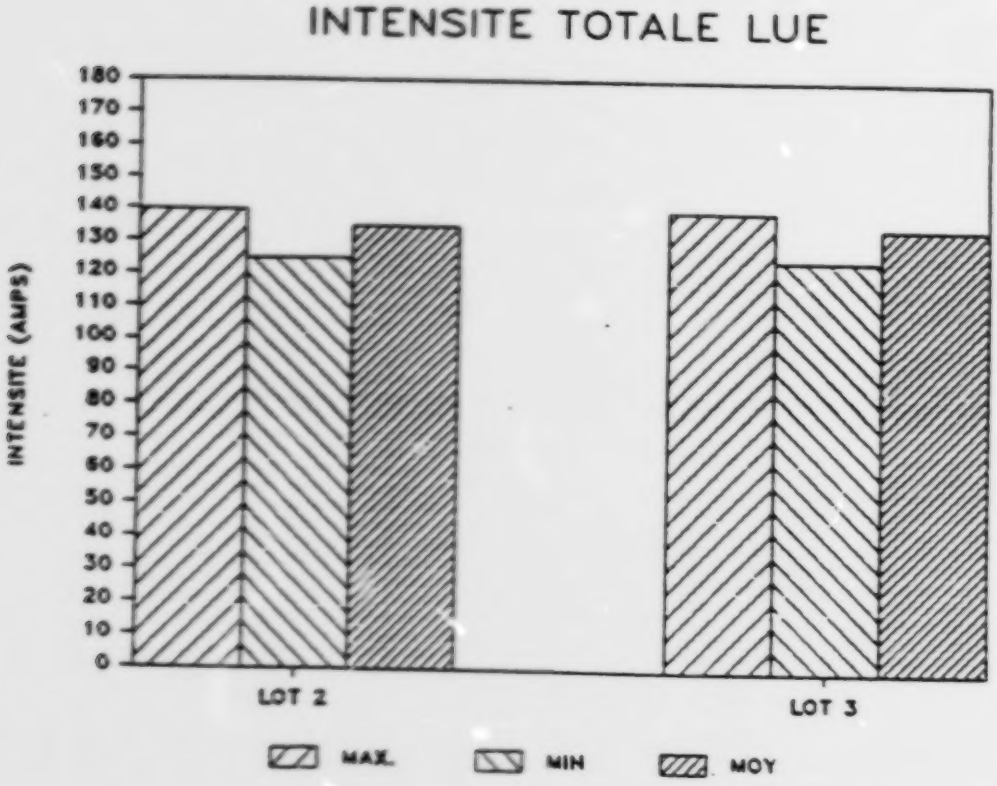
De ces enregistrements, les valeurs de courant suivantes utilisées pour le reste de nos calculs ont été dégagées.

LOT NO 2

Intensité maximale : 140 amp.
Intensité minimale : 125 amp.
Intensité moyenne : 135 amp.
Voltage : 615 V. 3Ø

LOT NO 3

Intensité maximale : 140 amp.
Intensité minimale : 125 amp.
Intensité moyenne : 135 amp.
Voltage : 615 V. 3Ø



De plus, les lectures prises sur les différents moteurs permettent d'obtenir une répartition de la charge totale à l'aide du tableau qui suit:

	ø1	ø2	ø3	1
Compresseur no 1	43,90	44,30	43,10	43,80
Compresseur no 2	43,70	43,10	43,20	43,30
Ventilateur no 1	-----	2,38	2,31	2,35
Ventilateur no 2	-----	2,29	2,22	2,26
Ventilateur no 3	-----	2,45	2,45	2,45
Ventilateur no 4	-----	2,38	2,29	2,34
Ventilateur no 5	-----	2,63	2,60	2,62
Ventilateur no 6	-----	2,58	2,62	2,60
Ventilateur no 7	-----	2,38	2,40	2,39
Ventilateur no 8	-----	2,58	2,58	2,58
Ventilateur coté 1	-----	1,84	1,84	1,84
Ventilateur coté 2	-----	1,86	1,82	1,84
Moteur Uraken	20,30	21,00	20,00	20,40

TOTAL 131 ampères

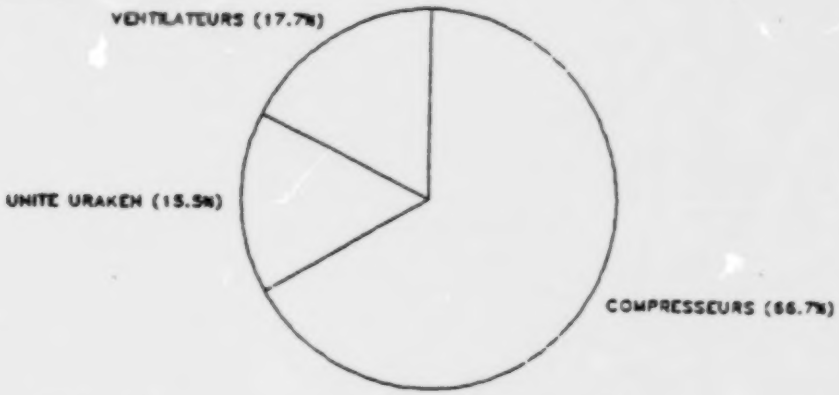
On obtient donc:

Ventilateurs ..... 23,3 ampères

Compresseurs ..... 87,6 ampères

Unité Uraken de traitement d'air ..... 20,4 ampères

Répartition des charges électriques



A partir de ces données, la consommation électrique peut être déduite à l'aide de la formule suivante:

$$Q = \frac{(I \times V \times 0{,}90 \times T)}{1\ 000} \quad 3$$

Q = Énergie consommée - kwh

I = Courant moyen - ampères

V = Voltage - volts

0,9 = Facteur de puissance

T = Temps de fonctionnement - heures

Lot no	I (amp.)	V (volts)	T (heures)	O (kwh)
1	---	---	18,83	-------
2	135	615	10,67	1 379,3
3	135	615	14,33	1 852,4

1.3.2 Relevés de température et d'humidité

Lors de nos relevés, un enregistreur graphique 12 points, de marque Honeywell, fut utilisé pour mesurer, à l'aide de thermocouples, la température en différents endroits du séchoir. Le Tableau qui suit donne l'emplacement ainsi que le no de chaque point de mesure.

Point no	Emplacement
1	Temp. bulbe sec retour
2	Temp. bulbe humide retour
3	Temp. bulbe sec alimentation
4	Temp. bulbe humide alimentation
5	Serpentin de réchauffage
6	Serpentin de déshumidification
7	Succion compresseur no 1*
8	Succion compresseur no 1
9	non utilisé
10	Décharge compresseur no 1*
11	Décharge compresseur no 1
12	Décharge compresseur no 2

* Lecture non valide à cause du temps de réponse de l'appareil de mesure.

Afin de bien visualiser l'évolution des différents paramètres tout au long du traitement des différents lots, un ensemble de graphiques donnant la température et le taux d'humidité en fonction du temps de séchage a été réalisé.

Ces Figures ont été produites grâce aux données des points de mesure nos 1 à 4. Un échantillonnage a été effectué à raison d'un point à la demi-heure, puis les courbes à l'aide d'une moyenne mobile sur trois ou cinq (3 ou 5) valeurs ont été dressées.

Les Figures nos 6 à 11 montrent la température en fonction du nombre d'heures depuis le départ.

Les courbes relatives au lot no 1 (6, 7, 12) reflètent à 10,5 heures après le départ, le comportement du système après une augmentation subite du point de consigne du contrôle de température du séchoir (le contrôle n'a été ramené à sa valeur initiale qu'au troisième lot).

On remarquera sur les courbes 6, 9 et 12 un pic pour la température de bulbe humide. Ceci est attribuable à un manque d'eau dans les réservoirs des bulbes humides.

Les courbes relatives aux lots nos 2 et 3 sont bien représentatives du comportement normal du système en opération régulière.

L'aspect saccadé des courbes des températures à l'alimentation doit être attribué à la faible modulation du système de compensation des pertes thermiques (effet thermostat-on/off). Cet aspect ne se retrouve d'ailleurs plus sur

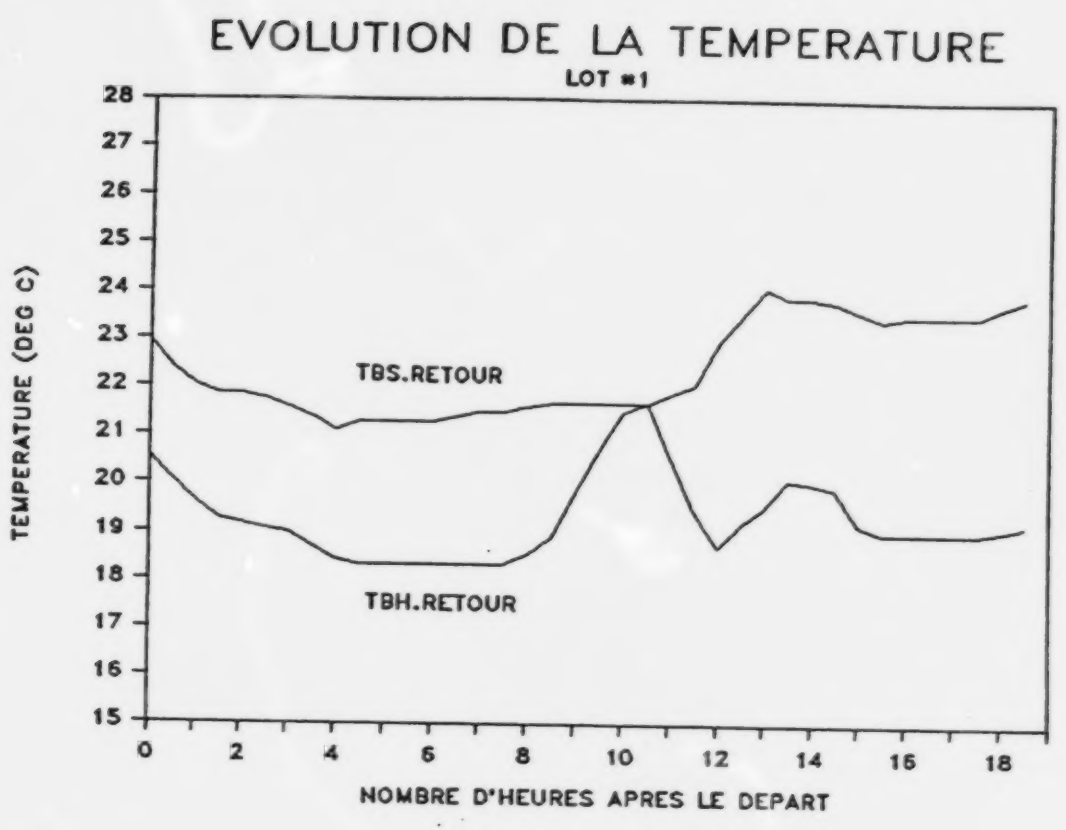
les courbes de taux d'humidité, ce qui est l'indication d'une capacité suffisante de déshumidification.

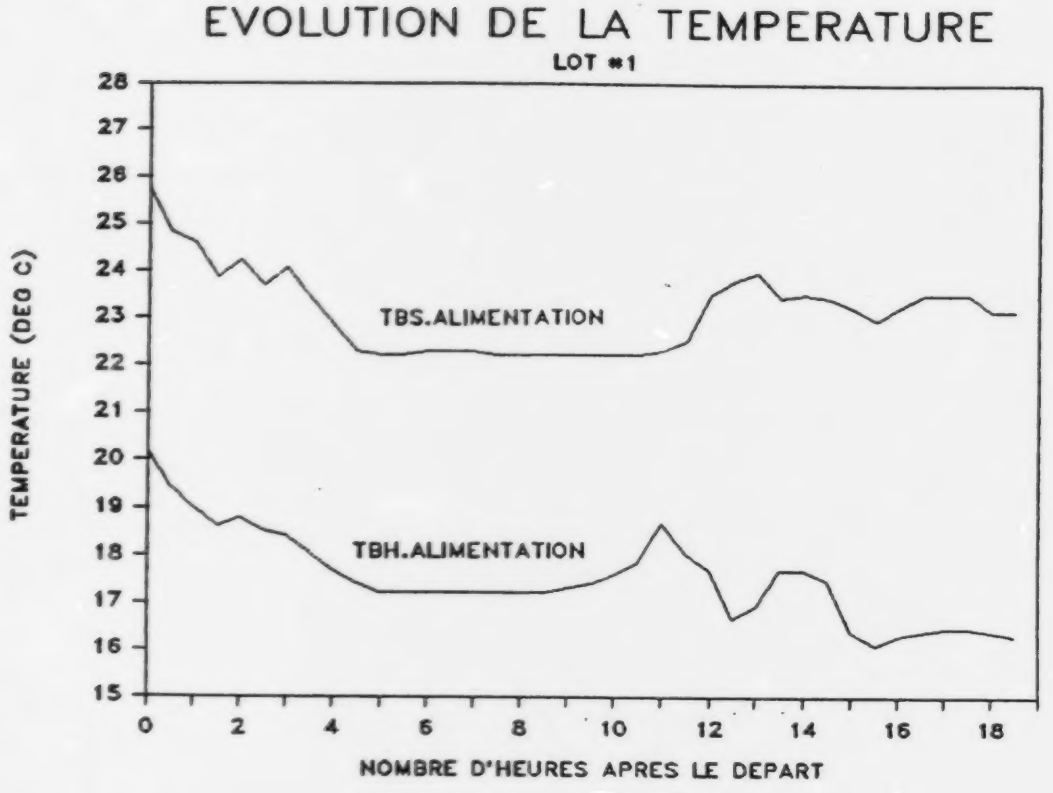
Les courbes 12 à 14 sont dérivées des relevés de température et ont été calculées grâce à des équations d'état en supposant une évolution à enthalpie constante à partir des conditions saturées à TBH jusqu'à TBS.

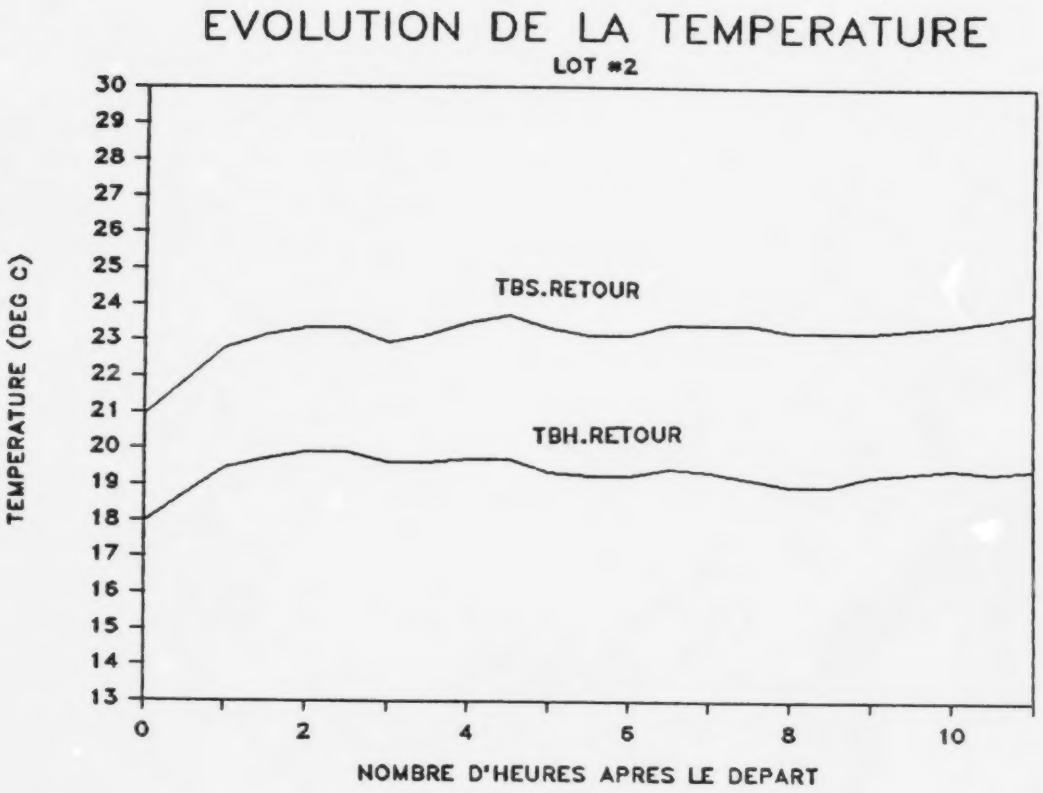
On peut voir sur la courbe 12, l'effet d'une augmentation de la température sur le système.

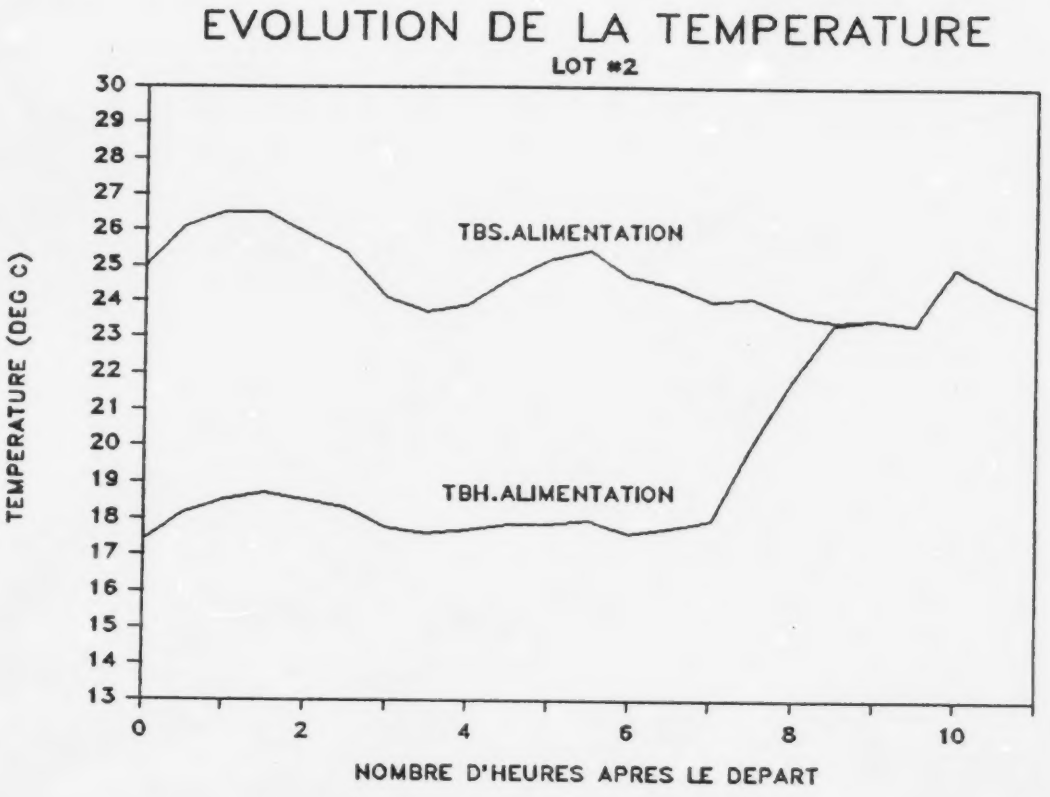
- Augmentation de l'humidité absolue au retour, ce qui est l'indication d'un taux de séchage du poisson plus élevé.

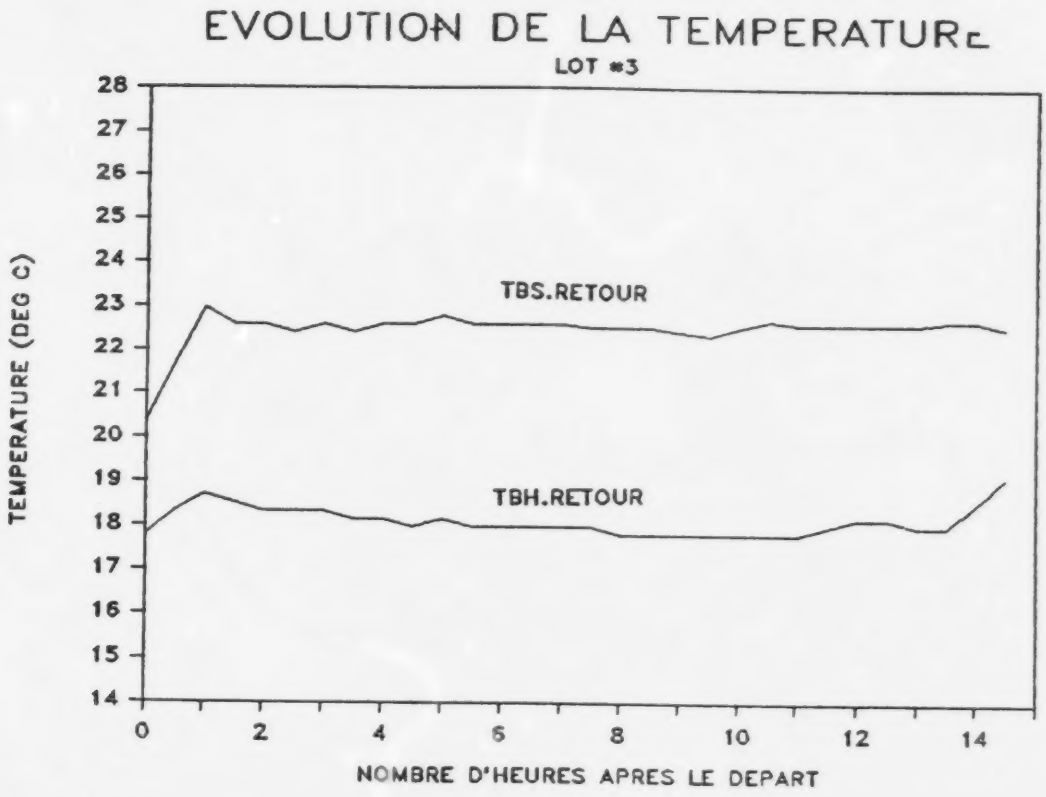
- Diminution de l'humidité absolue dans l'alimentation, ce qui est l'indication de l'augmentation du rendement global du système (AI plus grand entre le séchoir et l'extérieur).

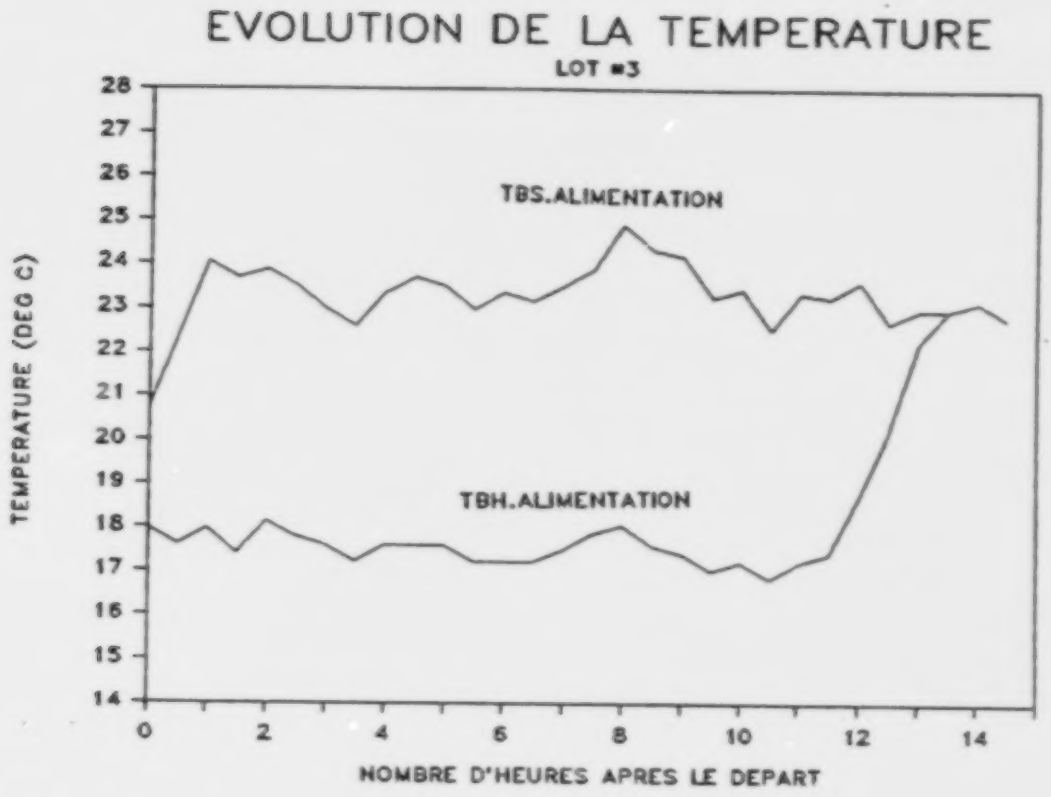

EVOLUTION DE LA TEMPERATURE
LOT #1
TEMPERATURE (DEG C)
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
TBS.RETOUR
TBH.RETOUR
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
NOMBRE D'HEURES APRES LE DEPART

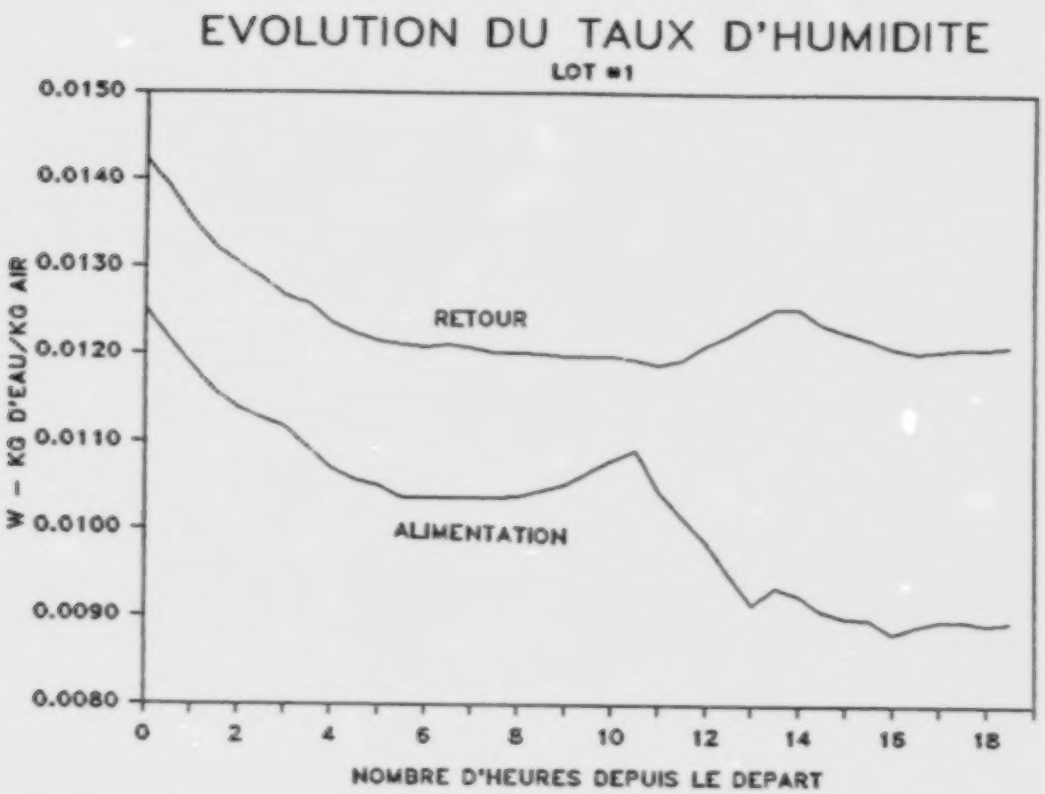

EVOLUTION DE LA TEMPERATURE
LOT #1
TEMPERATURE (DEG C)
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
TBS.ALIMENTATION
TBH.ALIMENTATION
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
NOMBRE D'HEURES APRES LE DEPART

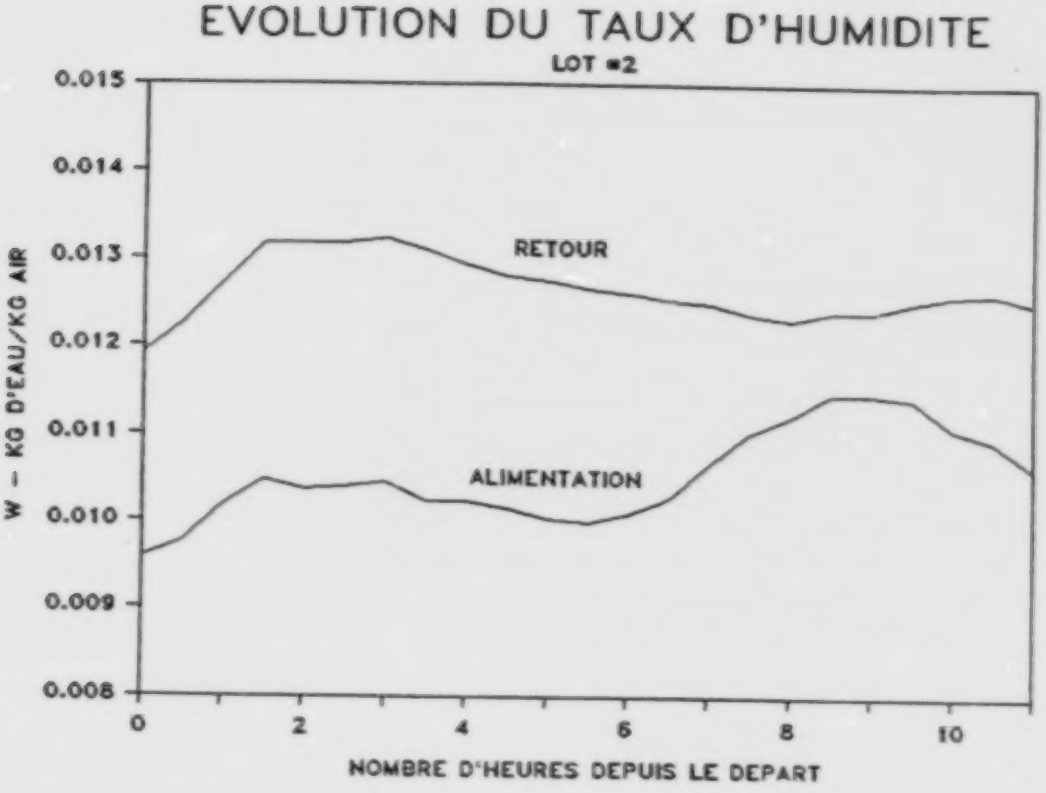

EVOLUTION DE LA TEMPERATURE
LOT #2
TEMPERATURE (DEG C)
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
TBS.RETOUR
TBH.RETOUR
0
2
4
6
8
10
NOMBRE D'HEURES APRES LE DEPART


EVOLUTION DE LA TEMPERATURE
LOT #2
TEMPERATURE (DEG C)
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
TBS.ALIMENTATION
TBH.ALIMENTATION
0
2
4
6
8
10
NOMBRE D'HEURES APRES LE DEPART

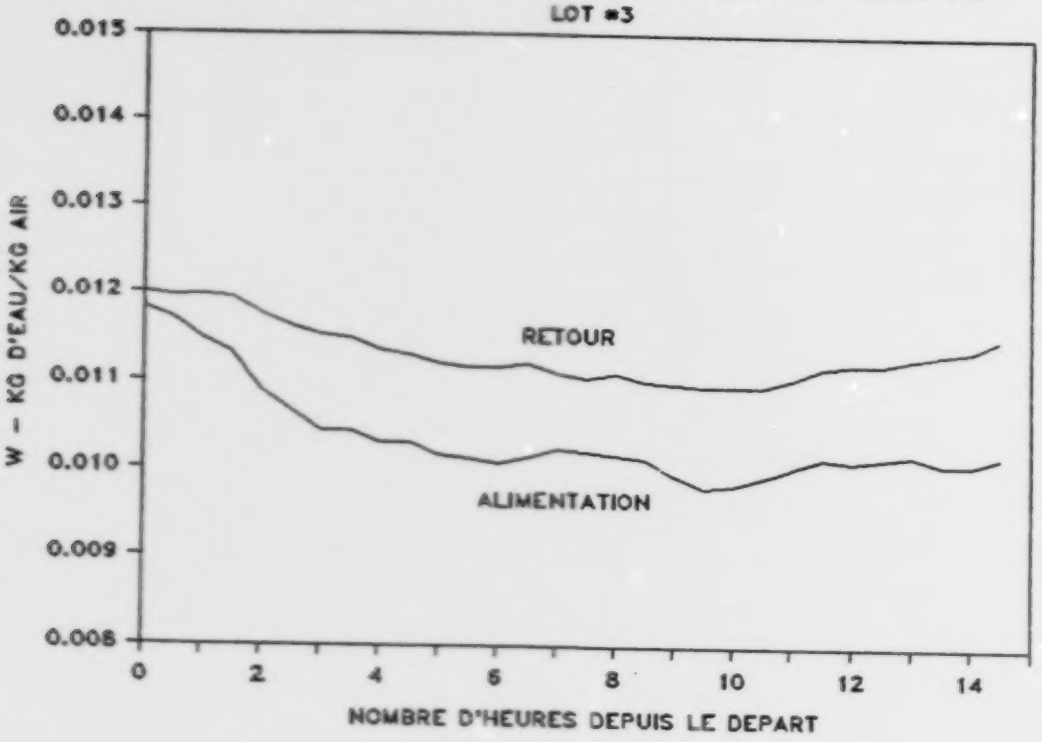

EVOLUTION DE LA TEMPERATURE
LOT #3
TEMPERATURE (DEG C)
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
TBS.RETOUR
TBH.RETOUR
0
2
4
6
8
10
12
14
NOMBRE D'HEURES APRES LE DEPART


EVOLUTION DE LA TEMPERATURE
LOT n°3
TBS.ALIMENTATION
TBH.ALIMENTATION
TEMPERATURE (DEG C)
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
0
2
4
6
8
10
12
14
NOMBRE D'HEURES APRES LE DEPART


EVOLUTION DU TAUX D'HUMIDITE
LOT n°1
0.0150
0.0140
0.0130
0.0120
0.0110
0.0100
0.0090
0.0080
W - KG D'EAU/KG AIR
RETOUR
ALIMENTATION
0
2
4
6
8
10
12
14
15
18
NOMBRE D'HEURES DEPUIS LE DEPART


EVOLUTION DU TAUX D'HUMIDITE
LOT =2
0.015
0.014
0.013
0.012
0.011
0.010
0.009
0.008
W - KG D'EAU/KG AIR
RETOUR
ALIMENTATION
0
2
4
6
8
10
NOMBRE D'HEURES DEPUIS LE DEPART

EVOLUTION DU TAUX D'HUMIDITE



1.3.3 Quantité d'eau condensée

Au cours du traitement des trois (3) lots, le débit d'eau condensée a été relevé à divers moments en récupérant cette dernière à la sortie du drain du serpentin de déshumidification.

A cet effet, il fallait disposer d'un contenant d'une capacité de 2 L (soixante-dix (70) onces US) et d'un chronomètre. Le temps nécessaire pour remplir le contenant étant alors notre mesure de débit.

Nous avons obtenu les résultats suivants:

Lot no 1 Départ 21h20

Heure	Temps	Débit (l/s)
21h40	1 min. 8 sec.	0,030
22h04	1 min. 34 sec.	0,022
02h20	2 min. 0 sec.	0,017
09h17	2 min. 53 sec.	0,012
13h12	2 min. 54 sec.	0,012
16h00	2 min. 51 sec.	0,012

Lot no 2 Départ 22h00

Heure	Temps	Débit (1/s)
22h10	7 min. 11 sec.	0,005
22h20	1 min. 37 sec.	0,021
23h35	1 min. 42 sec.	0,020
00h05	1 min. 50 sec.	0,019
03h48	1 min. 50 sec.	0,019
08h37	1 min. 50 sec.	0,019

Lot no 3 Départ 18h00

Heure	Temps	Débit (1/s)
18h00	4 min. 39 sec.	0,007
18h20	2 min. 5 sec.	0,016
19h33	2 min. 24 sec.	0,014
20h38	2 min. 22 sec.	0,014
21h49	3 min. 4 sec.	0,011
02h10	3 min. 6 sec.	0,011
07h40	3 min. 0 sec.	0,011

La quantité totale d'eau condensée est donnée en réalisant l'intégrale sous les courbes d'évolution du débit d'eau condensée (Fig. 15 à 17), on obtient alors le tableau qui suit:

Lot no	Quantité totale (Litres)
1	1 038
* 2	715
3	564

* Lot représentatif

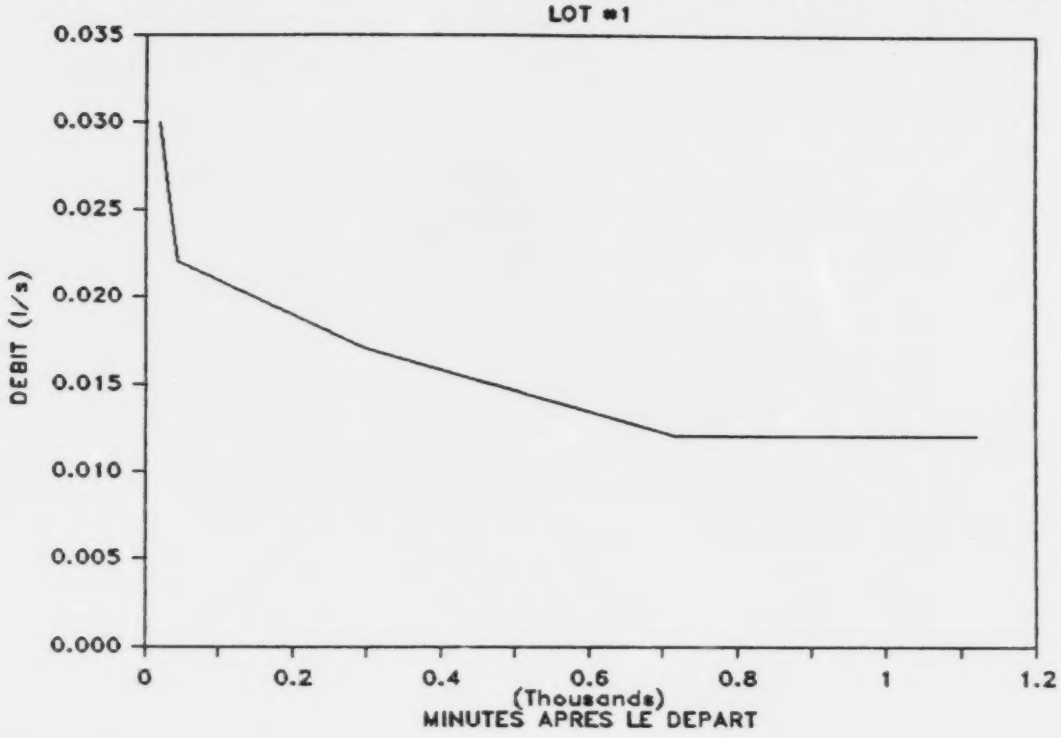
Les graphiques suivants permettent de visualiser l'évolution de la quantité d'eau condensée.

On peut attribuer le manque "d'agressivité" des courbes 16 et 17 au fait que la température du séchoir au départ pour le traitement des lots nos 2 et 3, était inférieure à celle du lot no 1, diminuant ainsi, pour les premières heures, le taux de séchage du poisson.

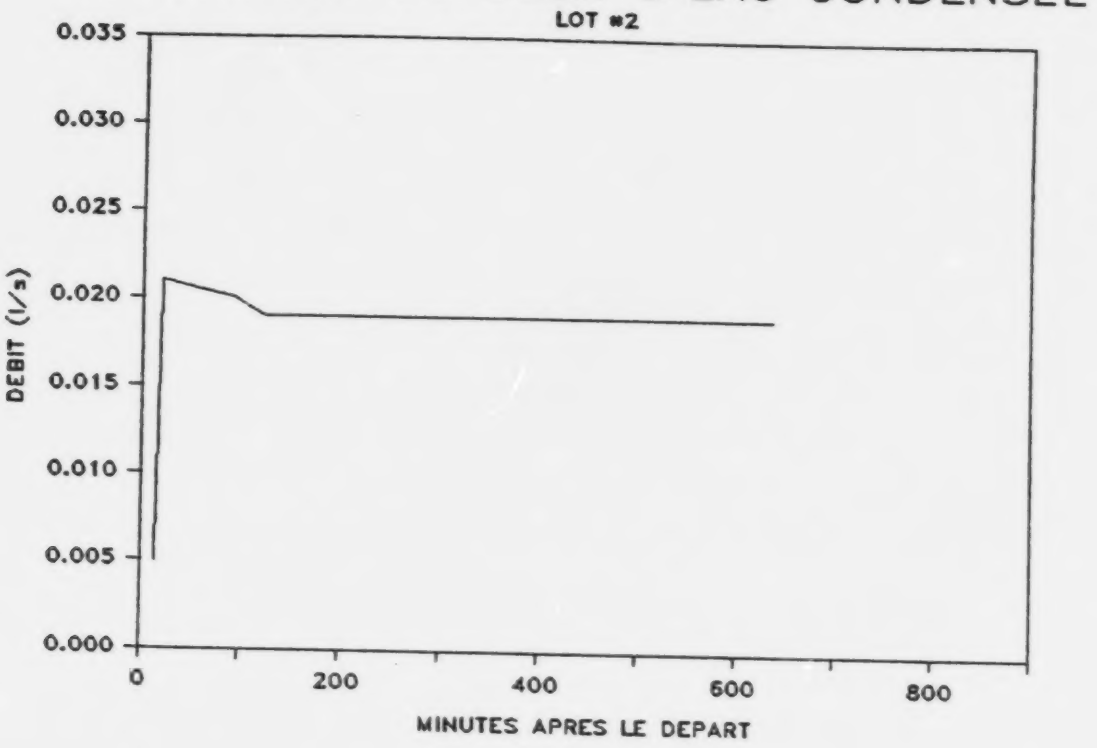
On remarque de grandes différences entre la courbe du lot no 1 et des lots nos 2 et 3, celles-ci s'expliquant de la façon suivante:

- Le lot no 1 était constitué de poissons dont le taux d'humidité était assez bas et qui avait déjà séjourné dans le séchoir pendant quelques heures. L'air chargé d'humidité a donc permis au système de "s'emballer" (100 premières minutes), puis, ayant fonctionné normalement pour un temps, il s'est retrouvé avec un poisson n'ayant plus d'humidité à céder (800 dernières minutes).

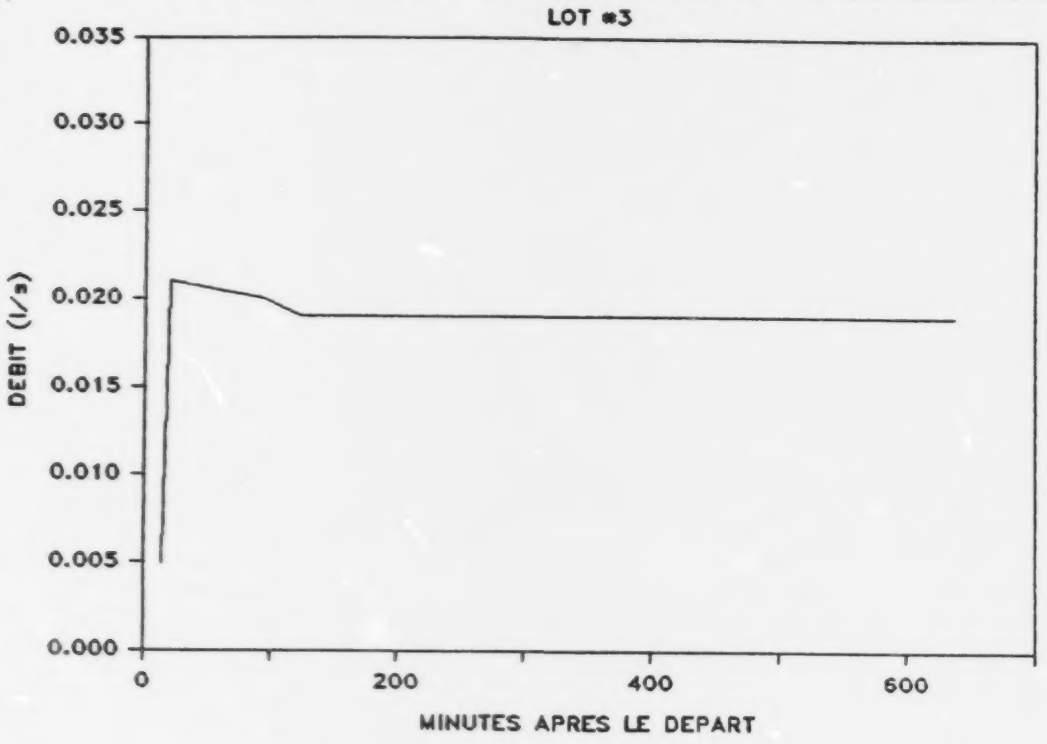
EVOLUTION DU DEBIT D'EAU CONDENSEE



EVOLUTION DU DEBIT D'EAU CONDENSEE



EVOLUTION DU DEBIT D'EAU CONDENSEE



1.3.4 Distribution d'air

Lors du traitement du troisième et dernier lot, la vitesse de l'air en différents endroits du séchoir a été mesurée.

Pour obtenir une image réaliste de la distribution de l'air, il a fallu établir, pour chaque chariot, la vitesse de l'air en quinze (15) points uniformément répartis, soit un total de plus de deux cent quinze (215) lectures.

A partir de ces données, il a été possible de déduire les figures qui donnent, pour les différents chariots, la vitesse moyenne de l'air passant dans le poisson et à côté du poisson.

La Figure 18 est non valide à cause des nombreuses turbulences qui sont présentes à l'avant du séchoir.

Les Figures (sauf la Figure 18), indiquent bien qu'une quantité assez importante d'air passe, inutilement, à côté des chariots.

Sachant que les chariots représentent 80 % de la surface disponible, on peut calculer la quantité totale d'air passant dans et à côté du poisson de la façon suivante:

- Dans le poisson:

0,80% x 30,42 m2 x 1,7 m/s = 41,37 m^3/s

- A côté du poisson:

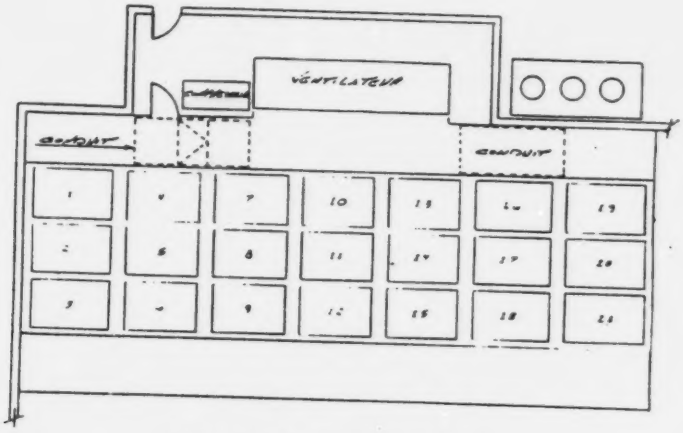
0,20% x 30,42 m2 x 2,6 m/s = 15,82 m^3/s

Pour un total de 57 190 1/s, ce qui correspond à la valeur de 58 630 1/s mesurée aux ventilateurs.

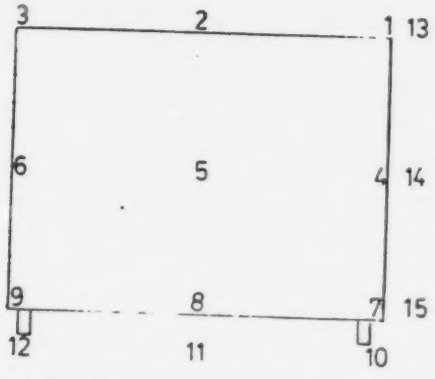
Pression statique inexistante.

DISTRIBUTION DES VITESSES MOYENNE D'AIR (M/S)

CHARIOT NO	POINT DE MESURE NO														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	3.3	3.5	4.0	1.5	1.5	2.0	1.5	1.5	2.0	1.6	1.7	1.0	2.2	1.6	1.6
2	2.3	2.4	2.3	1.6	1.6	1.5	1.4	1.9	1.7	3.0	3.4	3.0			
3	3.5	2.5	3.0	4.0	1.2	1.1	2.0	2.2	3.0	1.4	2.0	2.5	2.6	3.0	1.3
4	2.3	2.2	2.2	1.7	1.3	1.5	1.7	1.5	1.2	2.5	3.0	2.4	2.3	1.3	1.4
5	3.0	2.4	2.0	2.1	1.4	1.6	1.8	1.6	1.7	2.5	2.7	2.1			
6	3.0	3.0	1.0	2.4	3.0	2.8	1.6	1.0	1.7	1.9	1.3	1.9	1.7	3.0	1.4
7	3.0	2.7	2.8	1.7	2.3	2.0	1.5	1.8	2.2	1.5	1.5	1.5	3.5	3.1	3.0
8	2.0	2.5	2.8	1.7	1.6	1.7	1.2	1.2	1.3	1.9	2.8	1.7			
9	2.2	1.9	2.3	1.5	1.8	2.2	0.6	1.1	1.2	1.2	3.0	1.3	0.0	2.8	0.6
10	2.0	3.2	3.4	2.2	2.0	2.3	1.9	2.0	2.1	3.0	3.2	2.8	2.8	2.0	2.0
11	2.4	2.6	3.0	1.7	1.6	1.6	1.5	1.6	1.9	3.0	3.5	3.0			
12	4.0	3.0	1.6	2.3	3.0	3.2	0.5	1.2	2.0	1.7	2.0	1.9	2.6	3.0	1.3
13	2.2	2.7	3.5	1.4	1.6	2.0	2.5	2.0	2.1	2.2	2.8	3.0	2.8	2.6	2.8
14	2.4	1.9	1.7	2.0	1.8	1.8	2.1	1.5	1.6	2.7	2.8	2.2			
15	2.0	2.0	5.0	3.1	2.7	3.5	1.8	1.1	1.5	2.0	1.9	1.5	2.3	3.7	2.0
16	4.2	1.7	2.0	1.3	1.1	0.9	1.2	1.2	1.3	2.5	3.0	2.4	2.1	1.5	2.1
17	2.3	2.1	2.3	1.9	1.6	1.7	2.2	1.3	1.3	2.5	2.5	3.0			
18	2.2	3.3	3.5	3.0	3.0	2.8	2.8	1.5	1.7	2.0	2.7	1.2	3.0	3.5	3.8
19	3.3	4.0	4.5	1.4	1.9	1.7	1.6	0.8	1.2	3.5	3.8	3.0	2.4	2.3	3.0
20	1.8	1.5	2.1	2.1	1.5	1.6	2.1	2.0	1.7	4.5	4.6	4.2			
21	1.3	2.0	2.0	1.5	1.0	2.5	3.0	3.1	3.6	4.0	4.6	4.5			

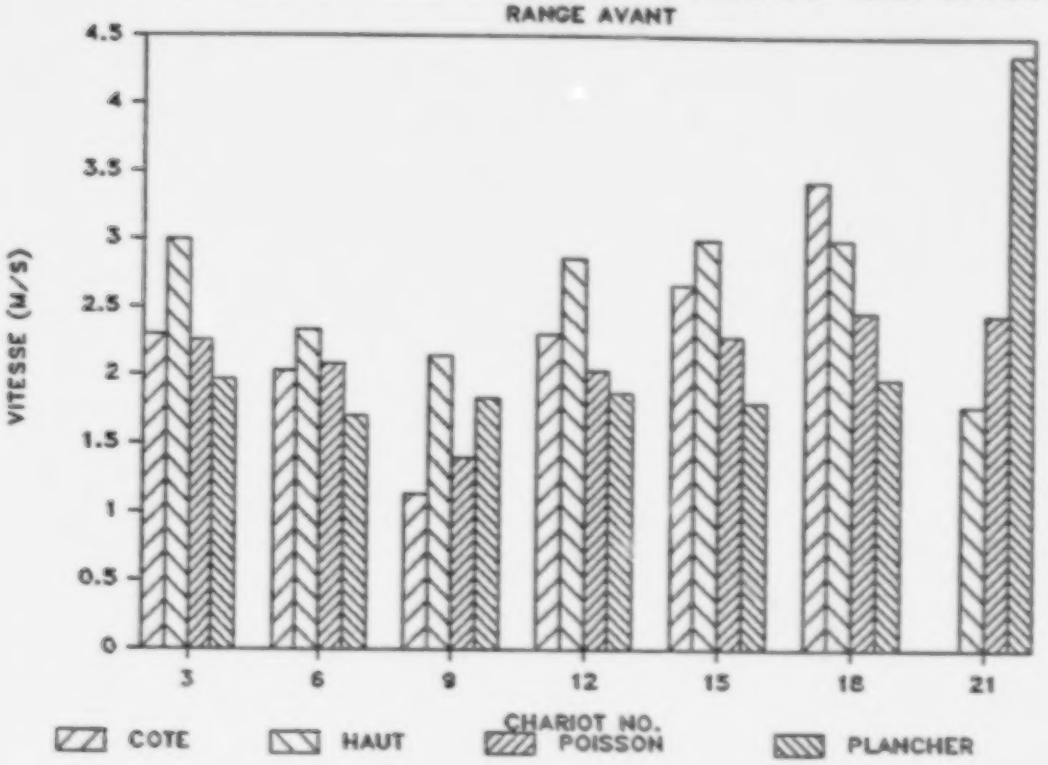


NO. DES CHARIOTS

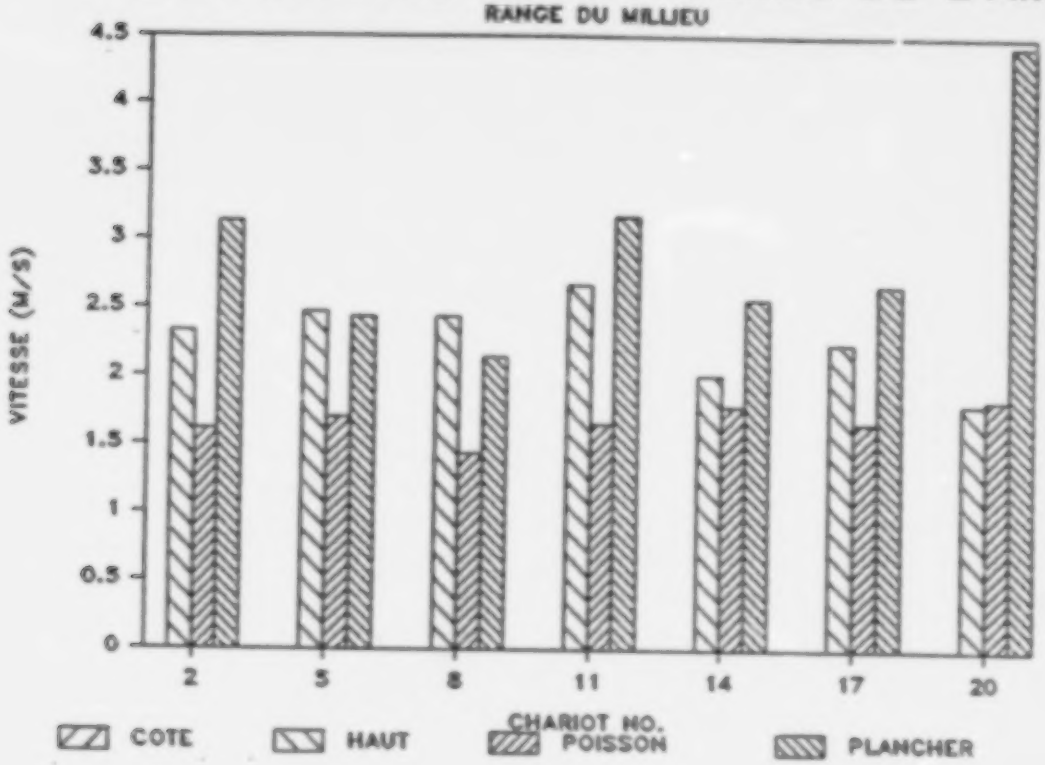


NO. DES POINTS DE MESURE

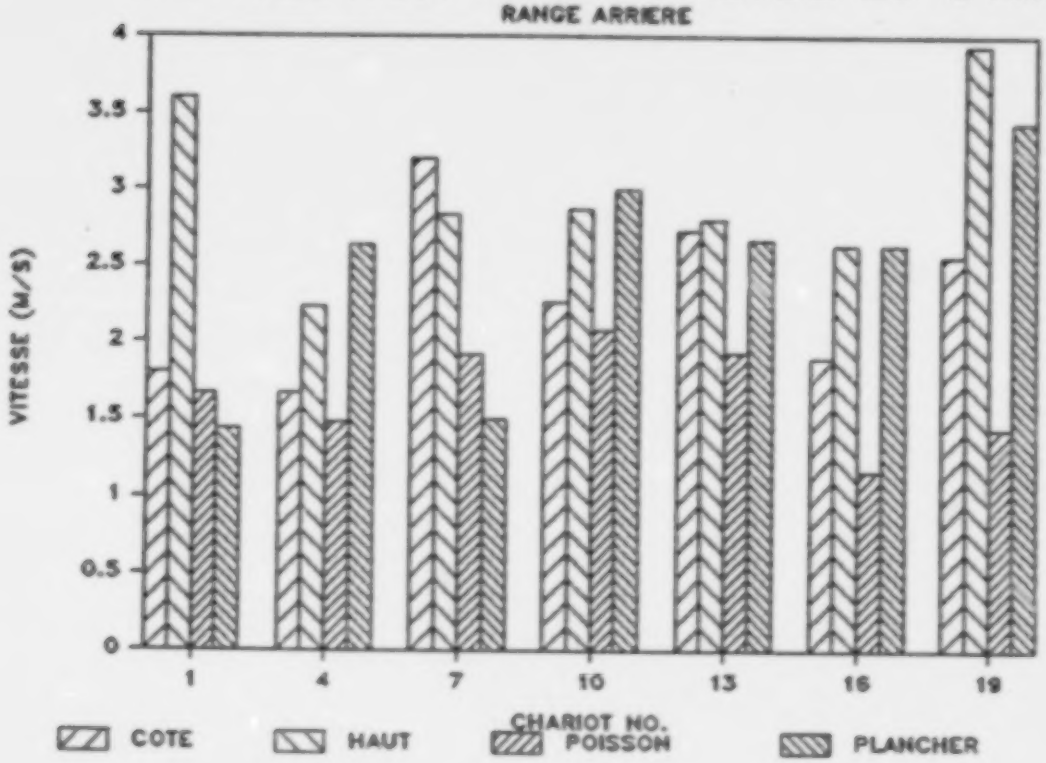
DISTRIBUTION DE LA VITESSE DE L'AIR



DISTRIBUTION DE LA VITESSE DE L'AIR



DISTRIBUTION DE LA VITESSE DE L'AIR



1.4 Analyse des données recueillies

1.4.1 Bilan thermique

L'analyse des différentes données permet d'établir un bilan thermique des opérations.

Le séchoir fonctionnant en circuit fermé, la puissance électrique nécessaire au fonctionnement du système est égale à la puissance rejetée au condenseur extérieur soit 130 kW (les pertes d'enveloppes étant négligeables).

Cette puissance est utilisée aux fins suivantes:

- Ventilateurs, évaporation de l'eau contenue dans le poisson, déshumidification, réchauffage, compresseur.

- La puissance absorbée par les ventilateurs est égale à 44 kW. Par ailleurs, les 0,019 kg/sec d'eau condensée nécessite 46 kW pour être condensés, soit:

  Q = 0,019 kg/sec x 2 441 kj/kg = 46 kW

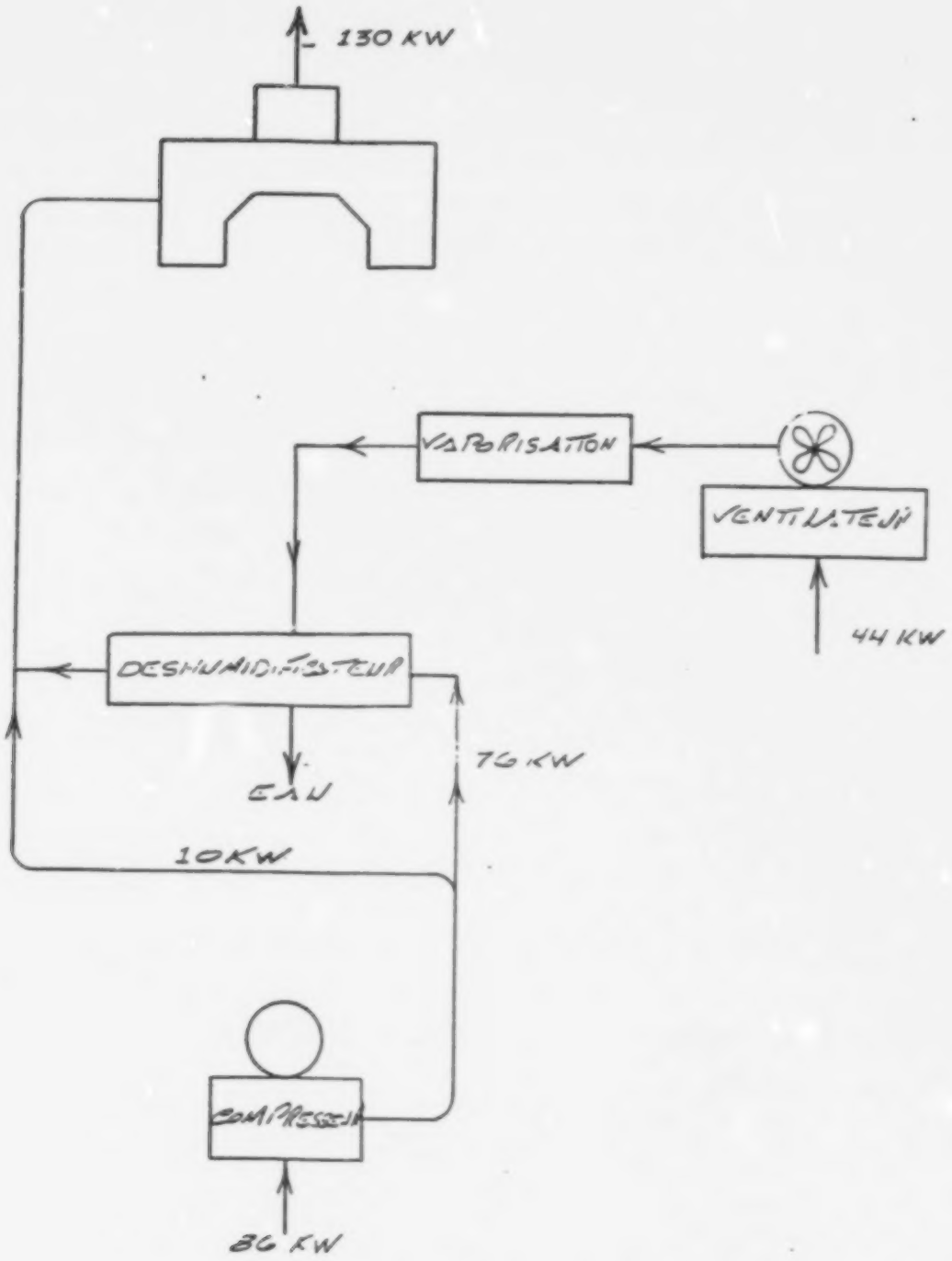
On peut donc considérer que toute l'énergie dissipée par les ventilateurs sert à évaporer l'eau contenue dans le poisson.

Pour effectuer la déshumidification, la pompe à chaleur doit "déplacer" quelques 130 kW. Les conditions d'opération des compresseurs indiquent qu'ils travaillent avec un COP de 1,72. La puissance nécessaire pour la déshumidification est alors de 76 kW.

Une fois le système rendu en régime de croisière c'est-à-dire quelques heures après la mise en route, il ressort que des 86 kW fournis aux compresseurs 10 kW sont purement et simplement rejetés à l'extérieur.

On peut croire que cet état de fait est causé par un mauvais rendement du serpentin de déshumidification.

La Figure sur la page suivante permet de bien visualiser comment est utilisée l'énergie.



ANGERS, DROUIN, BIMARD et associés ltée groupe conseil			
titre du projet: SECHOIR A POISSON		titre du dessin:	
architecte:			
revisions	dessiné par:	échelle:	projet no: 75-001
	vérifié par:	date:	feuille no:

1.4.2 Analyse des performances du système

On peut évaluer l'efficacité pour ce système en le comparant à un système classique parfait de déshumidification à l'air. L'efficacité ou coefficient de performance sera alors évalué en faisant le quotient des puissances nécessaires pour effectuer le séchage dans des conditions identiques.

- Conditions de séchage:

Les conditions de séchage retenues sont les conditions moyennes rencontrées lors du traitement du lot no 2.

Condition dans le séchoir:

- Température bulbe sec : 23,3°C.
- Humidité absolue : 0,0127 $\frac{\text{kg d'eau}}{\text{kg d'air sec}}$

Condition après déshumidification:

- Température bulbe sec : 24,4°C.
- Humidité absolue : 0,0105 $\frac{\text{kg d'eau}}{\text{kg d'air sec}}$

- Débit de condensé : 0,019 $\frac{\text{kg d'eau}}{\text{seconde}}$

Les conditions climatologiques retenues sont celles des moyennes de température pour Grande-Rivière et les conditions moyennes d'humidité relatives pour Rivière-au-Renard, celle de Grande-Rivière n'étant pas disponible.

-Conditions climatologiques

	Température (°C)	Humidité relative (%)
Janvier	-9,5	81
Février	-9,6	78
Mars	-4,6	82
Avril	0,5	76
Mai	6,1	70
Juin	12,4	72
Juillet	15,8	76
Août	15,4	76
Septembre	10,8	72
Octobre	5,6	78
Novembre	0,4	80
Décembre	-6,4	82

A partir de ces données, il s'agissait de déterminer la quantité d'air extérieur nécessaire pour évacuer l'équivalent de 0,019 kg d'eau/seconde. Cet air froid doit être réchauffé, ce qui constitue la charge de déshumidification qui remplace la charge de compression du séchoir existant. Les tableaux suivants résument bien ces calculs.

	Tempéra-ture	Quantité d'air kg/sec	CFM	Énergie à fournir kW
Janvier	-9,5	1,70	2 701	53
Février	-9,6	1,69	2 683	53
Mars	-4,6	1,82	2 943	50
Avril	0,5	1,96	3 243	45
Mai	6,1	2,22	3 741	40
Juin	12,4	3,06	5 302	37
Juillet	15,8	4,59	8 078	41
Août	15,4	4,36	7 658	40
Septembre	10,8	2,77	4 765	38
Octobre	5,6	2,30	3 880	42
Novembre	0,4	1,99	3 289	46
Décembre	-6,4	1,77	2 845	51

En additionnant les différentes charges, on obtient la charge totale de déshumidification.

-Séchoir

	Conventionnel KW	Pompe à chaleur KW
Janvier	97	130
Février	97	130
Mars	94	130
Avril	89	130
Mai	84	130
Juin	81	130
Juillet	85	130
Août	84	130
Septembre	82	130
Octobre	86	130
Novembre	90	130
Décembre	95	130
Moyenne	89	130

Comme on le voit, bien que le séchoir conventionnel ne pourrait pas fonctionner quelques jours pendant l'été, il consomme 32 % moins d'énergie que le système actuel de pompe à chaleur.

On peut donc dire que l'efficacité du système actuel est de:

$$\frac{89}{130} = 68\ \%$$

1.4.3 Coûts d'exploitation

Notre tentative d'évaluation du coût de séchage du poisson ($/livre de poisson) s'est heurtée à deux difficultés principales:

- Il n'est pas possible de connaître avec précision la teneur en eau et la quantité de poisson présent dans le séchoir lors du traitement des trois lots.

- Les pannes d'équipements ainsi que le manque d'uniformité de la qualité de séchage font en sorte qu'il est très difficile de définir une opération typique du système.

Par contre on peut, en supposant des conditions normales d'opération, déterminer un coût horaire réaliste ($/heure de fonctionnement). Ainsi, lorsque le système sera au point, il fonctionnera au moins 60 heures par semaine (une plus grande utilisation entraînera une diminution des coûts d'électricité) soit 12 heures/jour, 5 jours/semaine.

Le coût en énergie évalué selon le tarif type M d'Hydro-Québec sera donc de:

3,66$ /kW x 130 kW x 7/30	=	111,02 $
0,0485$/kWh x 130 kW x 120h x 7/30	=	176,54 $
0,0297$/kWh x 4160 kW	=	123,55 $
		411,11 $
Taxe 9 %	=	37,00 $
		448,11 $

Pour un coût prévu de 7,47$/heure d'utilisation. Ce qui se traduit dans le cas d'un traitement du lot no 2:

$$\frac{7{,}47\ \$/\text{heure} \times 10{,}67\ \text{heures}}{15\ \text{mille livre}} = \frac{5{,}31\ \$}{\text{mille livre}}$$

2. Propositons et recommandations pour une utilisation rationnelle de l'énergie

2.1 Propositions et recommandations

No de la proposition	Description
1	Modification à la ventilation

Description des mesures d'économie d'énergie

Propositions d'économie d'énergie numéro: 1

Description sommaire

Modifier le système de distribution d'air

La distribution d'air dans le séchoir est présentement inégale et inefficace. Une modification adéquate du système de distribution d'air permettrait d'obtenir une qualité uniforme de séchage et un temps de séchage réduit.

Économie d'énergie

Électricité	x	Gaz naturel	___	Réduction maximale de la puissance électrique appelée	0 kW
Gaz propane	___	Mazout léger	___	Valeur de l'énergie économisée	0,63 $/h
Mazout lord	___	Autre	___	Pourcentage de la consommation totale du système	15 %

Description des mesures d'économie d'énergie

À la suite des diverses lectures de vitesse d'air prises au moyen d'un vélocimètre directionnel, il fut observé des variations de vitesse et une instabilité des écoulements considérables comme le démontrent les tableaux de lectures inclus dans le présent rapport (section, relevés de la distribution de l'air).

Cet état de fait ne peut qu'engendrer une inconsistance de niveau de séchage du produit à travers le séchoir.

Le principe adopté quant à la distribution de l'air est déficient et sans l'application de correctifs cette installation ne pourra opérer d'une façon acceptable sur un produit plus fragile que la morue fortement salée.

Les principes de base à adopter de façon à assurer une meilleure distribution d'air sont les suivants:

- Alimenter l'air d'une façon laminaire sur toute la surface d'entrée des chariots à poisson.

- Limiter l'écoulement d'air aux chariots à poisson en empêchant au moyen de rideau flexible toute circulation d'air entre les chariots. Ceci inclut l'air qui voudrait passer de chaque côté en dessous ou en dessus de ceux-ci.

Pour ce faire, nous avons imaginé pour le présent séchoir un ensemble de correctifs pouvant rendre cette installation plus efficace et, si ces mesures étaient appliquées, elles pourraient régulariser l'écoulement de l'air à travers les chariots.

Ces changements ou correctifs impliquent les éléments suivants:

- La construction et l'utilisation de chariots diffuseurs qui devraient être mis en place après que le séchoir soit chargé de poissons. Ces chariots seraient montés sur roues et des plaques d'étanchéité devraient être ajoutées aux installations fixes (voir croquis ci-joint).

Les chariots à poissons devraient être modifiés ou reconstruits de façon à respecter les critères suivants. Ils devraient devenir des tunnels, c'est-à-dire qu'ils seraient munis de côtés, de dessus et de dessous pleins.

- Des rails devraient être ajoutés au plancher de façon à ce que les chariots s'alignent bien.

- Des bavettes flexibles devraient être installées sous les chariots eux-mêmes pour éviter l'écoulement d'air sous ceux-ci.

- Des bavettes flexibles au dessus et autour des rangées de chariots devraient aussi être ajoutées au séchoir de façon à éviter l'écoulement d'air autour des chariots.

Il est évident que ces divers correctifs rendraient l'opération de ce séchoir plus difficile mais, sans la mise en application de ces paliatifs, il ne sera pas possible d'obtenir une distribution d'air adéquate.

Énergie économisée

La modification du système de ventilation permettra de faire passer la vitesse de l'air de 1,7 m/s.

$$\left[15{,}82 \frac{m3}{s} \times \frac{1}{0{,}80\ \% \times 30{,}42\ m^2} \right] + 1{,}7\ m/s = 2{,}35\ m/s\ (460\ FPM)$$

En se basant sur les résultats du "projet report no 22 by GR Peters Memorial University of Newfoundland", la diminution du temps de séchage sera de l'ordre de 15 %.

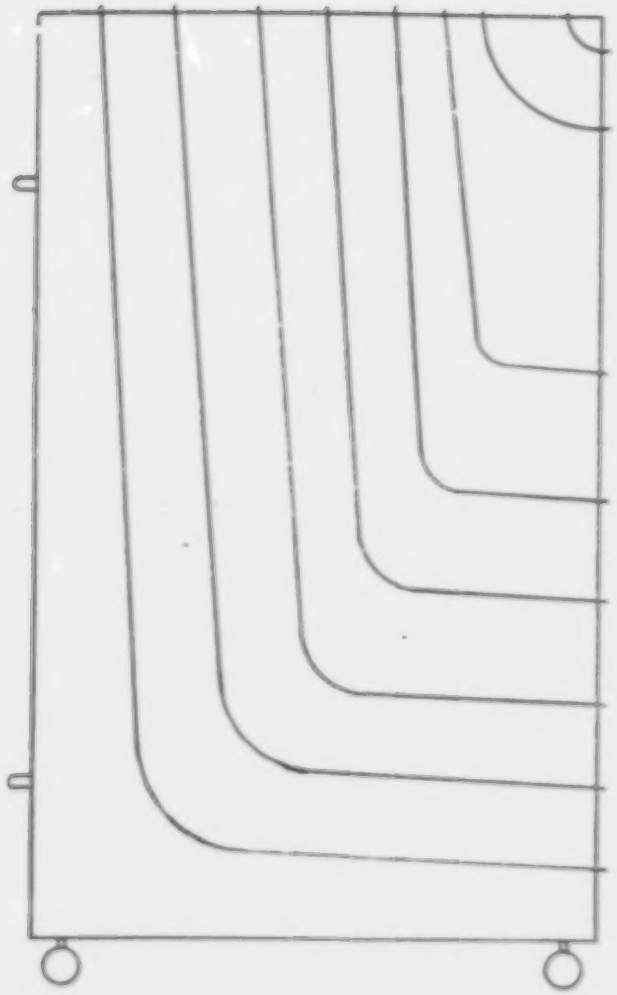
Sur notre semaine typique de 60 heures, l'économie sera alors de 9 heures de fonctionnement.

Valeur de l'énergie économisée:

La valeur de l'énergie économisée est donnée par:

9 heures x 130 kW x 0,0297 $/heure	=	34,75 $
Taxe 9%	=	3,13 $
		37,88 $

Ce qui représente une économie de 9 % sur le coût de séchage avant transformation.



ANGERS, DROUIN, SIMARD et associés ltée génie conseil			
titre du projet: SECTION DE POISSON	titre du dessin:		
architecte:			
revisions	dessiné par:	date:	projet no: 75-021
	vérifié par:	date:	feuille no:

2.2 Propositions non retenues.

Les propositions suivantes ont été envisagées et rejetées après examen pour des raisons de non rentabilité ou d'impossibilité physique d'effectuer les modifications.

Possibilité de renverser le flux d'air:

Présentement, la circulation de l'air à l'intérieur du séchoir se fait constamment dans la même direction. La possibilité de pouvoir renverser la direction du flux d'air, selon une cédule préétablie, permettrait d'obtenir une qualité de séchage plus uniforme. Cependant, considérant la faible distance que parcourt l'air dans le poisson, on peut croire que la qualité de séchage du poisson ne se serait pas améliorée de façon appréciable.

De plus, les modifications préconisées dans cette étude pour améliorer l'écoulement d'air dans le séchoir rendent difficile, sinon impossible, toute tentative de modifications pour renverser le flux d'air sans compter l'augmentation de la qualité de séchage qui sera supérieure si on applique la première mesure (modification de la ventilation).

Modification du système

Le serpentin de déshumidification actuel provoque une surchauffe inutile (de l'ordre de 16°C.) et diminue le rendement global du système.

Il convient donc de recommander un changement du design du serpentin de déshumidification de façon à pouvoir opérer dans des pressions/températures d'évaporation plus hautes (approximativement 240 kPa/0°C.).

Ceci aura pour effet de diminuer la puissance requise par unité de réfrigération.

à -8°C. succion : 2,06 kW/tonne

à 0°C. succion : 1,61 kW/tonne

Cependant, pour être efficace, cette mesure devrait s'accompagner du remplacement des compresseurs existants par des compresseurs modulants.

En effet, alors que le système actuel rejette 10 kW directement au condenseur extérieur, le système une fois modifié et, malgré l'augmentation de rendement, rejeterait 16 kW. Ceci parce que le compresseur ne peut moduler son travail de compression en fonction de la charge de refroidissement.

Les recommandations qui vont suivre ont pour but d'optimiser l'utilisation d'électricité par le système sans nuire en aucune façon à sa principale fonction.

1. Général

Installation et entretien des coupe-froid.

Il est recommandé de vérifier régulièrement l'efficacité des coupe-froid aux portes. Les coupe-froid endommagés devraient être remplacés ou réparés. Nous recommandons l'installation de coupe-froid sur toutes les portes du séchoir.

2. Systèmes de pompage

2.1 La tension des courroies d'entraînement doit être vérifiée et réglée au besoin.

2.2 Les pompes, moteurs, etc., doivent être lubrifiés conformément aux recommandations du fabricant.

3. Réseaux de tuyauterie

3.1 Vérifier s'il n'y a pas de fuite d'eau ou d'air comprimé dans les réseaux de tuyauterie et réparer au besoin.

4. Isolation

4.1 Examiner l'isolation sur tous les réseaux de tuyauterie et de conduits, les chaudières, les récipients d'emmagasinage et réparer au besoin.

5. Liste de contrôle d'entretien de l'installation électrique

5.1 Les moteurs électriques devraient faire l'objet d'un entretien régulier, avec lubrification et réglage de la tension des poulies et devraient être maintenus dans un état de fonctionnement de premier ordre.

5.2 Les programmes d'entretien devraient être rendus plus sévères et devraient être étendus pour assurer une utilisation efficace, un bon rendement et une plus longue durée de vie de tous les types d'équipement.

Les recommandations qui suivent, présentent un intérêt au point de vue récupération d'énergie et peuvent être mises en application à peu de frais dans la plupart des cas. Les économies réalisables sont cependant difficiles à évaluer par les méthodes conventionnelles de calcul.

- pose de coupe-froid:

Les différentes portes donnant accès au séchoir sont, pour l'instant, démunies de coupe-froid. Des volumes d'air plus ou moins importants peuvent alors passer par ces fentes. Cet état de fait peut occasionner des variations non négligeables de température et d'humidité à l'intérieur du séchoir.

Nous vous recommandons donc l'ajout de coupe-froid sur l'ensemble des portes donnant accès au séchoir.

- <u>récupération de la chaleur rejetée aux condenseurs extérieurs</u>:

Les deux condenseurs extérieurs rejettent une énergie précieuse qui pourrait être utilisée pour assurer une partie des besoins de chauffage et d'eau chaude de l'usine, d'où une économie pourrait être éventuellement appréciable.

Nous croyons qu'une étude approfondie serait nécessaire pour déterminer les possibilités, les coûts et les économies relatives à la récupération de l'énergie des condenseurs extérieurs.

- <u>variations du volume d'air en fonction des besoins et installations d'un micro-processeur de type DDC (Direct Digital Control)</u>

Ces deux mesures concernent plus spécifiquement le contrôle des conditions de séchage; température, taux d'humidité et vitesse de l'air.

Ne disposant pas de données suffisantes, il n'a pas été possible d'évaluer l'avantage d'implanter l'une ou l'autre des deux mesures. De plus, il semble que des problèmes plus urgents doivent être résolus en premier lieu (écoulement de l'air).

Cependant, lorsqu'une constance aura été obtenue dans l'uniformité du séchage, une étude plus approfondie pourra démontrer la possibilité d'obtenir une qualité supérieure de produit fini par l'application des deux mesures précitées.

2.3 Recommandations générales.

Les recommandations qui vont suivre ont pour but d'optimiser l'utilisation d'électricité par le système sans nuire en aucune façon à sa principale fonction.

1. Général

1.1 Installation et entretien des coupe-froid

Il est recommandé de vérifier régulièrement l'efficacité des coupe-froid aux portes. Les coupe-froid endommagés devraient être remplacés ou réparés. Nous recommandons l'installation de coupe-froid sur toutes les portes du séchoir.

2. Systèmes de pompage

2.1 La tension des courroies d'entraînement doit être vérifiée et réglée au besoin.

2.2 Les pompes, moteurs, etc..., doivent être lubrifiés conformément aux recommandations du fabricant.

3. Systèmes de ventilation mécanique

3.1 Vérifier les ventilateurs fréquemment pour s'assurer qu'ils fonctionnent à la vitesse et à la pression statique voulues.

3.2 Vérifier la tension des courroies d'entraînement des ventilateurs et la lubrification des paliers.

3.3 Réparer toutes les fuites de la tuyauterie de distribution.

3.4 Nettoyer ou remplacer régulièrement, selon le cas, tous les filtres des systèmes de ventilation mécanique.

3.5 Nettoyer les surfaces latérales sur tous les serpentins de chauffage situés dans les systèmes de ventilation mécanique pour obtenir l'efficacité maximale.

3.6 Vérifier tous les registres pour s'assurer qu'ils fonctionnent correctement et voir s'ils ne sont pas endommagés.

4. Réseaux de tuyauterie

4.1 Vérifier s'il n'y a pas de fuite d'eau ou d'air comprimé dans les réseaux de tuyauterie et réparer au besoin.

5. Isolation

5.1 Examiner l'isolation sur tous les réseaux de tuyauterie et de conduits, les chaudières, les récipients d'emmagasinage et réparer au besoin.

6. Liste de contrôle d'entretien de l'installation électrique

6.1 Les moteurs électriques devraient faire l'objet d'un entretien régulier, avec lubrification et réglage de la tension des poulies, et devraient être maintenus dans un état de fonctionnement de premier ordre.

6.2 Les programmes d'entretien devraient être rendus plus sévères et étendus pour assurer une utilisation efficace, un bon rendement et une plus longue durée de vie de tous les types d'équipement.

2.4 Recommandations spécifiques

Les recommandations qui suivent présentent un intérêt au point de vue récupération d'énergie et peuvent être mises en application à peu de frais dans la plupart des cas. Les économies réalisables sont cependant difficiles à évaluer par les méthodes conventionnelles de calcul.

- pose de coupe-froid:

Les différentes portes donnant accès au séchoir sont, pour l'instant, démunies de coupe-froid. Des volumes d'air plus ou moins importants peuvent alors passer par ces fentes. Cette situation peut provoquer des variations non négligeables de température et d'humidité à l'intérieur du séchoir.

Il faut donc proposer l'ajout de coupe-froid sur l'ensemble des portes donnant accès au séchoir.

- <u>récupération de la chaleur rejetée aux condenseurs extérieurs</u>:

Les deux condenseurs extérieurs rejettent une énergie précieuse qui pourrait être utilisée pour assurer une partie des besoins de chauffage et d'eau chaude de l'usine, d'où une économie qui pourrait être appréciable.

Nous croyons qu'une étude approfondie serait nécessaire pour déterminer les possibilités, les coûts et les économies relatives à la récupération de l'énergie des condenseurs extérieurs.

- <u>variations du volume d'air en fonction des besoins et installations d'un micro-processeur de type DDC (Direct Digital Control)</u>

Ces deux mesures concernent plus spécifiquement le contrôle des conditions de séchage; température, taux d'humidité et vitesse de l'air.

Ne disposant pas de données suffisantes, une évaluation de l'avantage d'implanter l'une ou l'autre des deux mesures n'a pu être réalisée. De plus, nous croyons que des problèmes plus urgents doivent être résolus en premier lieu (écoulement de l'air).

Cependant, lorsqu'une constance aura été obtenue dans l'uniformité du séchage, une étude plus approfondie pourra démontrer la possibilité d'obtenir une qualité supérieure de produit fini par l'application des deux mesures précitées.

2.5 Annexes

Annexe 1

Unités utilisées dans cette étude

Quantité physique	Unité	Symbole
Longueur	centimètre	cm
	mètre	m
Masse	gramme	g
	kilogramme	kg
Temps	seconde	s
	heure	h
	jour	j
Température	degré Celcius	°C
	degré Fahrenheit	°F
Illumination	lux	lx
Énergie	joule	J
	kilojoule	kJ
	gigajoule	GJ
	kilowatt-heure	kWh
	mégawatt-heure	MWh
Puissance	watt	W
	kilowatt	kW
	mégawatt	MW
Pression	pascal	Pa

	kilopascal	kPa
	pouce d'eau	poH_2O
Surface	centimètre carré	cm2
	mètre carré	m2
Volume	litre	l
	mètre cube	m3

Annexe 2

Abréviations utilisées dans cette étude

Abréviation	Description
A	Aire ou surface.
D	Nombre de degrés-jour pour la période et la région considérée (exprimé en °C.-j).
C_D	Facteur de correction empirique tenant compte des effets de chauffage par rapport aux degrés-jour basés sur 18°C.
E	Quantité d'énergie.
F	Facteur d'ajustement.
H_L	Pertes de chaleur du bâtiment, incluant les infiltrations et la ventilation, lorsque la température extérieure correspond à la température de conception pour la région considérée.
P	Puissance utilisée ou économisée.
Pa	Pression de saturation de l'air de la pièce au point de rosée.
P_w	Pression de la vapeur à saturation, prise à la température de la surface d'eau.
Q_a	Débit volumique d'air (exprimé en l/s).

Q_e	Débit volumique d'eau ou de fluide caloporteur (exprimé en 1/s).
U	Coefficient de transmission de chaleur d'une paroi quelconque (exprimé en W/m2-°C.).
W_i	Rapport d'humidité dans l'air intérieur (exprimé en kg d'eau/kg d'air sec).
W_o	Rapport d'humidité dans l'air extérieur (exprimé en kg d'eau/kg d'air sec).
W_p	Taux d'évaporation de l'eau (exprimé en kg/s).
dt	Différence de température.
T	Période de temps.
n	Rendement d'un système de chauffage, d'un échangeur de chaleur, etc...

Annexe 3

Équations utilisées pour l'évaluation des besoins énergétiques et des économies d'énergie

Note: Les formules qui vont suivre peuvent inclure au besoin le facteur "F" qui représente la fraction de l'énergie que l'on considère pour le calcul des besoins énergétiques ou des économies d'énergie.

Équation 1: Quantité d'énergie nécessaire au chauffage d'un bâtiment.

$$E = \frac{H_L \times D \times T}{dt \times n} \times C_D$$

Équation 2: Quantité d'énergie nécessaire au chauffage d'un débit d'air provenant directement de l'extérieur.

$$E = 0{,}00121 \ \frac{kW - s}{l - °C} \times \frac{Q_a \times D \times T}{n}$$

Équation 3: Évaluation de la réduction de la puissance nécessaire au chauffage de l'enveloppe d'un bâtiment.

$$P = \frac{dU \times A \times dt}{1\ 000\ W/kW}$$

Équation 4: Quantité d'énergie économisée ou consommée.

$$E = \frac{P \times T}{n}$$

Équation 5: Débit d'eau à fournir pour l'humidification d'une prise d'air frais.

$$W_p = 0{,}0012 \text{ kg/l} \times Q_a \times (W_o - W_i)$$

Équation 6: Puissance nécessaire au chauffage d'un débit d'eau.

$$P = 4{,}184 \frac{\text{kW - s}}{\text{l - °C.}} \times Q_e \times dt$$

Équation 7: Puissance nécessaire à l'évaporation d'un débit d'eau à 24 C.

$$P = 2{,}425 \frac{\text{kW - s}}{\text{kg}} \times \frac{W_p \times T}{n}$$

Équation 8: Taux d'évaporation de l'eau d'une piscine.

$$W_p = 4{,}016 \times 10\text{-}8 \frac{\text{kg}}{\text{s - m}^2 \text{ - p}_a} \times A \times (P_w - P_a)$$

Équation 9: Débit d'air nécessaire au maintien du taux d'humidité désiré dans l'enceinte d'une piscine.

$$Q_a = 830 \text{ l/kg} \times \frac{W_p}{W_i - W_o}$$

Équation 10: Débit d'une prise d'air frais en fonction de la température de mélange et de la température extérieure.

$$Q_a \text{ frais} = \frac{t_{retour} - t_{mélange}}{t_{retour} - t_{extérieur}} \times Q_a \text{ alimentation}$$

Équation 11: Débit d'air provoqué par un effet de cheminée.

$$Q_a = 116\ A\ (L\ dt)\ 0,5$$

Annexe 4

Facteurs de conversion et équivalences

1.0 Facteurs de conversion pour les quantités d'énergie

	3 412	Btu/kWh
	0,0036	GJ/kWh

2.0 Facteurs de conversion pour la puissance

	3 412	Btu/h
		kW

3.0 Facteurs de conversion pour les mesures de volume

	6,23	gal. imp./pi3
	4,54609	litres/gal. imp.
	35,31	pi3/m3
	219,97	gal. imp./m3

4.0 Équivalence énergétique de l'huile no 2

	170 000	Btu/gal. imp.
ou	37 395	Btu/litre
ou	10,960	kWh/litre
ou	0,03946	GJ/litre

On peut également utiliser:

	0,0912	litre/kWh
et	25,342	litre/GJ

5.0 Équivalence énergétique de l'huile no 6

	181 000	Btu/gal.imp.
ou	39 814	Btu/litre
ou	11,669	kWh/litre
ou	0,04201	GJ/litre

On peut également utiliser:

	0,0857	litre/kWh
et	23,804	litres/GJ

6.0 Équivalence énergétique du gaz naturel

	1 000	Btu/pi3
ou	10,525	kWh/m3
ou	0,03789	GJ/m^3

On peut également utiliser:

	0,0950	m^3/kWh
et	26,392	m^3/GJ

7.0 Équivalence énergétique du propane

7.1 État liquide

	110 000	Btu/gal. imp.
ou	24 196,6	Btu/litre
ou	7,092	kWh/litre
ou	0,02553	GJ/litre

On peut également utiliser:

	0,1410	litre/kWh
ou	39,1696	GJ/litre

7.2 État gazeux

	2 550	Btu/pi3
ou	90 040	Btu/m3
ou	26,389	kWh/m3
ou	0,0950	GJ/m3

8.0 Équivalence énergétique par unité de surface

kWh/pi^2	x	10,76	=	kWh/m^2
kWh/pi^2	x	0,0387	=	GJ/m^2
kWh/m^2	x	0,0929	=	kWh/pi^2
kWh/m^2	x	0,0036	=	GJ/m^2
GJ/m^2	x	277,78	=	kWh/m^2

GJ/m2	x	25,82	=	kWh/pi2

9.0 Facteurs de conversion pour les résistances thermiques

Btu/h-pi2-°F	x	5,678	=	Watts/m2-°C
Watts/m2-°C	x	0,176	=	Btu/h-pi2-°F

3. Conclusion

La présente étude nous a permis de cerner différents problèmes qui nuisaient au bon fonctionnement du séchoir:

- Non uniformité de la qualité de séchage due à une mauvaise distribution de l'air.

- Faible rendement énergétique du système par rapport à un système conventionnel de déshumidification.

Après avoir obtenu un fonctionnement correct du système en application, selon les recommandations contenues dans le rapport, nous croyons qu'il serait nécessaire d'envisager de réaliser des études plus approfondies pour quantifier l'amélioration de la qualité du produit fini suite à un contrôle plus fin des conditions de séchage.

De plus, nous croyons que les points suivants auraient avantages à être approfondis:

- Récupération de l'énergie rejetée aux condenseurs pour les besoins de l'usine.

- Transformation du système existant en un système utilisant l'air extérieur avec récupération à l'évacuation.

- Remplacement des compresseurs pour des modèles modulants.

En conclusion, le présent document a consisté en une synthèse complète des différentes solutions à apporter pour remédier aux problèmes de séchage rencontrés à l'usine de Poisson Salé Gaspésien Ltée. Il s'ensuit à la lumière de cette étude que plusieurs propositions sont applicables et que de nombreuses autres auraient avantages à être étudiées plus à fond, notamment au niveau de la récupération de chaleur.

Denis Potvin, ing. jr

Pierre A. Turcot, ing.

/mbr

CONCLUSION GÉNÉRALE

A la suite de ce travail, on ne peut que constater le manque d'uniformité lors de la fabrication du Gaspé Cured selon le procédé traditionnel. Un meilleur contrôle se doit d'être appliqué et certaines recommandations (point 4 section 1) ont été soumises afin d'y parvenir.

Quant à l'emploi d'un séchoir mécanique, les résultats démontrent que celui-ci, sous sa forme actuelle, n'est pas efficace, et ce, que ce soit du point de vue énergétique (68 %) ou du point de vue qualité du produit.

BIBLIOGRAPHIE

Balachandran, K.K. 1961. An accelerated method of hot air drying of fish. Fish Technol. 6(2):124-8.

Beatty, S.A. 1942. Fish. Res. Bd. Can. Prog. Rep. Atl. St. 31:3-6.

Beatty, S.A. et H. Fougère. 1958. La préparation du poisson salé séché. Office de la recherche en pêcheries du Canada. Bull. no 112.

Bélanger, Y. et M.A. Bordeleau. 1972. Caractéristiques chimiques de la morue salée et séchée. Rapport interne du ministère Industrie et Commerce.

Bérubé, C. et M.A. Bordeleau. 1981. Transformation de la morue salée-séchée: phase de saumurage. Direction générale des pêches maritimes. M.A.P.A.Q.

Bilinski, E. 1960. L'effet du sel sur la décomposition du muscle de la morue. Actualités marines: 7-8.

Bilinski, E. and H. Fougere. 1959. The effect of sodium chloride on proteolysis and the fate of amino acids present in the muscle of codfish. J. Fish. Res. Bd. Canada, 16(5):747-54.

Boury, M. 1932. Recherches sur la morue salée. Revue des travaux de l'Office des pêches maritimes. 5(2):297-309.

Boury, M. 1945. Influence de la composition du sel sur la qualité de la morue salée. Rev. Trav. Off. Sci. Tech. Pêches Mar. 13:581-89.

Cardin, A. et al., 1961. Chemical characteristics of salted cod. J. Fish. Res. Bd. Canada 18(5):851-58.

Chakraborty, P.K. 1981. Dehydration of fish and its scope of commercial exploitaiton in India. Seafood Export Journal:9-19.

Connell, J.J. 1959. Effect of drying and storage in the dried state on some properties of the protein of food. In: "Fundamental aspects of the dehydration of foodstuffs":167-177. Society of Chemical Industry. London.

Cooper, D.L. and T.C. Noel. 1966. Some equilibrium moisture values of fresh and salt cold. J. Fish. Res. Bd. Canada 23(5):775-78.

Crean, P.B. 1961. The light pickle salting of cod. J. Fish. Re. Bd. Canada 18(5):833-44.

Del Valle, F.R. and J.T.R. Nickerson. 1967. Studies on salting and drying fish. I. Equilibrium considerations in salting. J. Food Sci. 32:218-24.

Del Valle, F.R. and J.T.R. Nicherson. 1968. Salting and drying fish. 3. Diffusion of water. J. Food Sci. 33:499-503.

Doe, P.E., R.G. Poulter and C.A. Curran. 1982. Determination of water activity and shelf-life of salted dried fish from moisture and salt measurements. FAO Fisheries Report No 268 (suppl.):113-20.

Duerr, J.D. ansd W.J. Dyer. 1952. Proteins in fish muscle. IV. Denaturation by salt. J. Fish. Res. Bd. Canada 8(5):325-31.

Dussault, H.P. 1945. the bacteriology of dehydrated fish. J. Hyg. Camb. 44:193-209.

Dussault, H.P. 1953. A scientific investigation of Gaspé Cured . Food in Canada 13:18-22.

Dussault, H.P. 1957. The salt tolerance of bacteria from lightly salted fish. Process of the 2nd Int. Symp. on Food Microbiology, Cambridge.

Dyer, W.J. 1942. J. Fish Res. Bd. Can., Atl. Prog. Rept. No 33:3-7.

Dyer, W.J. et al., J. Fish Res. Bd. Canada 7:585-93.

Fougere, H. 1952. The water transfer in codfish muscle immersed in sodium chloride solutions. J. Fish. Res. Bd. Canada 9(8):388-92.

Frank, M. and E. Hess. 1944. Survival of Eberthella Typhosa and Escherichia coli on salt fish. J. Fish. Res. Bd. Canada 5(3):249-52.

Frazier, W.C. 1967. Food microbiology. McGraw-Hill Book Company, St-Louis.

Gibbons, N.E. 1957. The effect of salt on the meabolism of halophilic bacteria. Can. J. Microbiol. 3:69-76.

Gibbons, N.E. et al., 1956. Food microbiology. The National Research Council Review (N.R.C. no 3976), pp. 41-42.

Goulet, J. et al., 1983. A ne sample method for microbiological sampling of meat surfaces. Journal canadien de microbiologie 29(6):631-6.

Hamm, R. 1960. Biochemistry of meat hydration. Adv. Food Res. 10:414-19.

Jarvis, N.D. 1950. Curing of fishery products. U.S. Fish Wildlife Serv. Research Rept. No 18:39-98.

Jason, A.C. 1958. Evaporation and diffusion in drying of fish muscle. Fundamental Aspects of the dehydration of foodstuffs, London: Soc. of Chem. Industry:1-135.

Jason, A.C. 1965. Effects of fat content on diffusion of water in fish muscle. J. Sci. Fd. Agric. Vol. 16:281-

Jones, N.R. 1962. Browning reactions in dried fish products. Recent Advances in Food Science:74-80.

Kupprianoff, J. 1958. Bound water in foods. Fundamental aspects of the dehydration of foodstuffs. Pub. by Society for chemical industry:14-23.

Legendre, R. 1958. Artificial drying of salt fish by thermocouple control. J. Fish Res. Bd. Canada 15(4):543-554.

Legendre, R. 1960. Considérations technologiques sur la préparation de la morue légèrement salée. Actualités Marines 4(2):9-12.

Liston, J. and J.M. Shewan. 1956. Bacteria rought into brines on fish. Can. J. Microbiol. 3:35-41.

Love, R.M. 1960. Water content of cod (Gadus callarius L.) muscle. Nature, London 185,692.

Love, R.M. et al., 1974. The texture of rod muscle. Journal of texture Studies 5:201-212.

Lupin, H.M. et al., 1981. Water activity and salt content relationship in moist salted fish products. J. Food Technol. 16:31-38.

Macpherson, N.L. 1932. Rep. Newfoundland Fish. Res. Commission 1; 4:76-79.

Maillard, 1916. Ann. Chim. 5:258-317.

Mendelsohn, J.M. 1974. Rapid techniques for salt-curing fish. Journal Food Science 39:125-127.

Peters, G.R. 1968. Experiments in mechanical drying of salted cod. Department of fisheries of Canada. Project Report No 22.

Peters, G.R. 1971. Diffusion in a medium containing a solvant and solutes, with particular reference to fish muscle. Thesis. Aberdeen University.

Peters, G.R. and W.D. McDougall. 1967. The mechanical drying of light salted codfish. Department of fisheries of Canada. Project report No 8.

Peters, G.R. and W.J. Newton. 1980. A light salted fish dryer with deshumidification and heat reclaim. Atlantic fisheries technological Conference. St-John's, Newfoundland, Canada.

Reay, G.A. 1936. The salt curing of herring. Journal of the society of chemical industry:309-315.

Samoilov, O.Y. 1957a. A new approach to the study of hydration of ions in aqueous solutions. :141-46.

Sen, D.P. and a. Aitken. 1965. Effect of magnesium in salting of cod. J. Food Sci. 30:286-7.

Shewan, J.M. 1951. Food Invest. Bd. World Fish. Year Book:9.

Siaw, C.L. and S.Y. Yu. 1978. Proceedings of the regional conference for rural development, Kuala Lumpur, Malaysia:515.

Soudan, F. 1955. Aspects chimiques du salage de la morue. Rev. trav. inst. sci. tech. pêche maritime 19:129-306.

Tarr, H.L.A. 1942. Effect of pH and NaCl on swelling and drip in fish muscle. J. Fish. Res. Bd. Canada 5(5):411-426.

Taylor, H.F. 1922. Rept. U.S. Comm. Fish., App. II, 1-22.

Van Arsdel, W.B. 1963. Food dehydration, AVI Publishing Co., U.S.A.:1-27.

Van Klaveren, F.W. and R. Legendre. 1965. Salted Cod. Fish as Food. Vol. 3:133-63.

Yu, S.Y. et al., 1982. The application of technology to the processing of dried-saled fish in peninsular Malaysia: comparison of sun dried and oven dried fish. J. Food Technol. 17:211-18.

Zugarramurdi, A. and M. Lupin. 1980. A model to explain observed behavior on fish salting. Journal of Food Science, vol. 45:1305-17.